

Joni Pölönen

Järjestelmäintegraatiolla saavutettavat hyödyt varastorakennuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (ylempi AMK) -tutkinto
Talotekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyö
18.1.2012

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Joni Pölönen Järjestelmäintegraatiolla saavutettavat hyödyt varastorakennuksessa 47 sivua + 2 liitettä 18.1.2012
Tutkinto	insinööri (ylempi AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkötekniikka
Ohjaajat	lehtori Veijo Piikkilä johtaja Seppo Kakko
<p>Opinnäytetyössä tutkittiin järjestelmäintegraatiolla saavutettavia hyötyjä varastorakennuksessa. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää erilaisten taloteknisten järjestelmien hyödyntämistä Itellan uudessa rakenteilla olevassa logistiikkakeskuksessa. Opinnäytetyössä kerrottiin varastorakennuksessa olevista eri järjestelmistä ja tutkittiin niiden integrointimahdollisuuksia.</p> <p>Varastorakennus asettaa joitakin erityisvaatimuksia talotekniikalle. Opinnäytetyössä selvitettiin, miten nämä pitää huomioida järjestelmien suunnittelussa.</p> <p>Järjestelmäintegraation tavoitteena on saada kustannussäästöjä investoinneissa ja ylläpidossa. Opinnäytetyön tuloksina havaittiin, että järjestelmäintegraation tavoitteisiin päästään myös varastorakennuksessa. Kustannussäästöjä saadaan kaapeloinnissa ja laitteiden hankintamäärissä. Järjestelmien keskitetty hallinnointi tuo lisäarvoa ja kustannussäästöjä.</p> <p>Valaistus on logistiikkakeskuksen yksi suurimmista energiankuluttajista. Opinnäytetyössä tutkittiin tarkemmin valaistuksen ohjausta ja eri valonlähteiden soveltuvuuksia varastoon. Opinnäytetyön aikana suoritettiin testi, jossa verrattiin LED-valaisimia ja T5-loisteputkia. Testin tuloksena LED-valaisin oli 38 % energiatehokkaampi kuin T5-loisteputki.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää jatkossa uusien varastorakennuksien rakennushankkeiden suunnittelussa.</p>	
Avainsanat	järjestelmäintegraatio, talotekniikka, rakennusautomaatio, kenttäväylä

Author Title Number of Pages Date	Joni Pölönen The benefits of integrated building automation systems a in warehouse 47 pages + 2 appendices 18 Jan 2012
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Electrical Engineering for Building Services
Instructors	Veijo Piikkilä, Senior Lecturer Seppo Kakko, Manager
<p>The purpose of this final year project was to examine the benefits of an integrated building automation system in a warehouse. The goal of the project was to determine the benefits with the help of building automation in a new warehouse. Various stand-alone systems and integrated possibilities were studied in the project.</p> <p>A warehouse sets certain specific requirements for building automation systems. They must be taken into account when planning a building services system for a warehouse building.</p> <p>The main idea of using intelligent building automation systems is to reduce the investment and maintenance costs. The results of the project showed this to be also in a warehouse.</p> <p>Since one of the most significant consumers of energy in a warehouse is lighting. A comparison between LED light and T5 fluorescent lamp was included in the project. The result proved that LED was 38 percent more energy-efficient than a T5 fluorescent lamp.</p> <p>This final year project can be used to help of new warehouses building projects in the future.</p>	
Keywords	Integrated Building Automation Systems, HVAC, fieldbus

Sisällys

Lyhenteet	1
1 Johdanto	2
2 Standardit, määräykset, säädökset ja ohjeet	3
3 Perustietoa Itellan varastorakennuksesta	3
4 Järjestelmien integrointi	5
4.1 Integroinnin keskeisiä elementtejä	5
4.2 Rakennusautomaatiojärjestelmien kehitys	6
4.3 Kenttälaitteet	8
4.4 Kenttäväylät	9
4.5 Alakeskustaso	10
4.6 Valvomo	11
5 Langattomuus rakennusautomaatiossa	12
6 Rakennusautomaation järjestelmät ja niiden integrointimahdollisuudet	13
6.1 Horisontaalinen ja vertikaalinen toimintamalli	13
6.2 Varastorakennusten tyypilliset toiminnot	14
7 Varastorakennuksen erityisvaatimukset	20
8 Talotekniikan suunnittelu	23
9 Järjestelmien välinen kommunikointi	25
10 Valaistus	27
10.1 Erilaiset valonlähteet	27
10.2 Valaisinten vertailu	30
10.3 Valaistuksen ohjaus ja käyttöajat	31
10.4 LED-valaisimien testaus ja tulokset	35
11 Energiankulutuksen seuranta	39
12 Rakennuttamismalli	42
13 Johtopäätökset	43

Liitteet

Liite 1. Fidelix FX-Netin järjestelmäkaavio

Liite 2. Esimerkki tarvekartoituksesta

Lyhenteet

AST	Trukin vaatima työkäytäväleveys.
ATEX	<i>Atmosphères explosibles</i> , tarkoittaa räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviä laitteita koskevaa lainsäädäntöä ja standardisointia.
CENELEC	<i>European Committee for Electrotechnical Standardization</i> , eurooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö.
DDC	<i>Direct Digital Control</i> , suora digitaalinen säätö.
ESFR	<i>Early Suppression Fast Response</i> , nopeasti ja tehokkaasti toimiva sprinkleri.
I/O	<i>Input-output</i> , rajapintoja joita tietojenkäsittelyjärjestelmät käyttävät keskinäiseen tiedonvälitykseen.
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> , kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio.
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i> , rakennuksen ympäristöluokitus.
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> , radiotaajuinen etätunnistumenetelmä.
TAPA FSR	<i>Transported Asset Protection Association</i> , turvallisuussertifikaatti.
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol / Internet Protocol</i> , usean internet-liikennöinnissä käytettävän tietoverkkoprotokollan yhdistelmä.
WMS	<i>Warehouse Management System</i> , varastohallintajärjestelmä.

1 Johdanto

Työ tehdään Itellalle ja siinä tarkastelun kohteena on Itellan uusi noin 70 000 m²:n rakennusvaiheessa oleva logistiikkakeskus Orimattilassa. Itella on rakennuttanut useita varastoja perinteisiä rakennuttamismalleja käyttäen erillisissä järjestelmissä. Työn aiheena on tutkia, mitä hyötyjä saavutetaan uuden varastorakennuksen eri järjestelmien integroinnilla. Eri järjestelmillä tarkoitetaan muun muassa kulunvalvonta-, rikosilmoitin- ja rakennusautomaatiojärjestelmiä. Näiden integrointi on suhteellisen uutta, ja työ antaa lisäarvoa Itellalle niin uuden Orimattilan logistiikkakeskuksen kuin myös tulevien varastojen rakennuttamiseen.

Ensimmäiseksi kuvataan logistiikkavaraston perusasioita ja sen ominaispiirteitä. Seuraavaksi kerrotaan talotekniikan rakennusautomaatiojärjestelmästä ja siitä, mistä eri osioista se muodostuu. Arvioidaan, miten langattomia toimilaitteita voidaan käyttää ja missä määrin niitä nykyään käytetään. Kolmanneksi kuvataan varastorakennuksessa olevia järjestelmiä ja sitä, mitä hyötyjä ja mahdollisuuksia niiden integroinnilla toisiin järjestelmiin voidaan saavuttaa. Seuraavassa osiossa kuvataan logistiikkavaraston erityisvaatimuksia. Vaikka teknisesti integrointi olisi mahdollista, asettavat varaston erityisvaatimukset joitakin rajoitteita. Tämän jälkeen kerrotaan talotekniikan suunnittelusta ja järjestelmien välisistä rajapinnoista.

Yksi varastorakennuksen merkittävin energiankuluttaja on valaistus. Työn tilaaja halusi myös selvityksen eri valaisinmallien hyödyistä. Työn yhtenä osana on tutkia, miten järjestelmän avulla valaistusta ohjataan energiatehokkaasti, mitä valaisintyyppejä varastoon kannattaa suunnitella ja mitä vaatimuksia valaistukselle asetetaan. Työhön sisältyy myös Itellan ja Finntology Oy:n tekemä valaisinvertailu. Valaisinvertailu tehtiin Itellan varastoon vuoden 2011 aikana ja siinä vertailtiin perinteisten T5-loisteputkien ja LED-valaisimien ominaisuuksia.

Rakennusautomaatiojärjestelmän on tuotettava tietoa kiinteistön energiankulutuksesta. Työssä kerrotaan seurantaohjelmiston raporteista ja siitä, mitä hyötyä energiankulutuksen seurannalla saavutetaan. Viimeisenä selvitetään minkälaisella rakennuttamismallilla haluttuun lopputulokseen parhaiten päästään.

Työlle on asetettu reunaehdoja, jotka rajataan työn ulkopuolelle. Varaston lämpöenergia tuotetaan maalämmöllä. Vara- ja lisälämpöenergia tuotetaan toisella tarkoitukseen soveltuva tavalla. Lämmönsiirto varastossa toteutetaan kattosäteilylämmityksen avulla. Sprinklerijärjestelmäksi tulee ESFR-sprinkleri.

2 Standardit, määräykset, säädökset ja ohjeet

Turvallisuusjärjestelmien integrointia ohjataan määräyksillä ja ohjeilla. Käyttöä ja toteutusta koskevat lait, asetukset, viranomaismääräykset, standardit, suositukset, ohjeet ja rakennusluvan ehdot. Ohjeita antavat myös vakuutusyhtiöt, Finanssialan Keskusjärjestö, Turvatekniikan Keskus ja pelastusviranomaiset.

Valaistuksen osalta tärkeimmät määräykset ja ohjeet ovat SFS-EN-standardit, ST-kortit ja ST-käsikirjat.

SFS-standardit perustuvat nykyisin lähes kokonaan eurooppalaisiin CENELEC-standardeihin ja kansainvälisiin IEC-standardeihin. CENELEC on eurooppalainen standardoinnin komitea ja IEC on kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio.

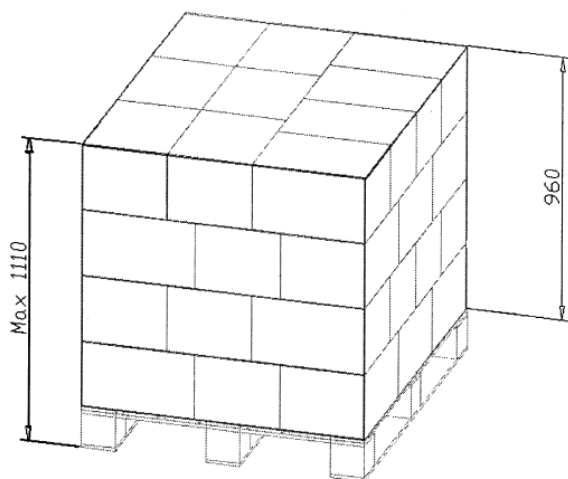
Sähkö- ja elektroniikka-alan kansallinen standardointijärjestö SESKO ry on koostanut standardisarjan SFS 6000, joka koskee pienjänniteasennuksia. SFS 6000 jakautuu kahdeksaan eri osaan. Standardisarjan soveltamisalaan kuuluvat enintään 1000 V:n vaihtojännitteellä ja enintään 500 V:n tasajännitteellä syötettävät virtapiirit sekä ohjaukseen käytetyt kiinteästi asennetut johdot (1, s. 1).

Logiikoiden ohjelmoinnissa käytetään nykyään standardin IEC 61131-3 ohjelmointikieliä.

3 Perustietoa Itellan varastorakennuksesta

Logistiikkavarasto toimii yhtenä osana tuotteen logistista ketjua. Varastossa vastaanotetaan tavaraa, varastoidaan se ja lähetetään ulos. Tavaraa käsitellään pääsääntöises-

ti kuormalavalla. Suomessa käytetään kahta kuormalavatyyppiä. Toinen on EUR-kuormalava, ja se on mitoiltaan 800 mm x 1200 mm (2, s. 1). Toinen on FIN-kuormalava mitoiltaan 1000 mm x 1200 mm (3, s.1). Molemmat lavatyytit ovat korkeudeltaan 150 mm. Standardin mukaisen lavan suurin korkeus on 1110 mm, ja sen tehollinen korkeus on korkeintaan 960 mm (4, s. 1). Kuviossa 1 on esitetty kuormalava ja tuotteen standardikorkeudet.



Kuvio 1. Kuormalava (4, s. 2).

Kuormalavahyllystön vaakapalkkien pystysuuntainen jako perustuu standardisoituun kuormalavan korkeuteen, työskentelyvaraan noin 200 mm ja vaakapalkin korkeuteen. Vaakapalkin korkeus on valmistajasta riippuen 140–160 mm. Hyväksi todettu vaakapalkkien jako on 1500 mm eli palkin yläreunasta seuraavan palkin yläreunaan. Kuormalavahyllystön suunnittelua ohjaavat eurooppalaiset kuormalavahyllystandardit SFS-EN 15635, -15512, -15620, -15629, -13698-1 ja -13698-2.

Itellan rakennuttamat korkeat logistiikkavarastot ovat pääsääntöisesti vapaalta korkeudeltaan 10600 mm. Tämä tarkoittaa sitä, että varaston kuormalavahyllyyn saadaan seitsemän kuormalavaa päällekkäin, jolloin ylimmäinen kuormalavahyllystön vaakapalkki on korkeudella 9000 mm.

Suunnitteilla olevan rakennuksen palosuojaus toteutetaan ESFR-sprinklereillä ja rakennuksen konstruktio suunnitellaan niin, että se täyttää ESFR-sprinklereiden määräykset. ESFR-sprinklerit ovat nopeasti toimivia ja tehokkaita sprinklereitä. ESFR sprinklerisään-

töjen mukaan suurin sallittu kattokorkeus on 12,2 m mitattuna lattiasta katon tai kateen alapintaan (5, s. 170). Tämä tarkoittaa sitä, että primääri- ja sekundäärikannattimet sekä kaikki talotekniikka on mahduttava 10,6 m:n ja 12,2 m:n välille. Suunnittelu- vaiheessa on huomioitava, että viranomaisilta on saatava alustava suostumus ennen kuin ESFR-sprinklereitä valitaan käytettäväksi sprinkleriasennukseen (5, s. 168). Kuormalavahyllystön käytävien leveys määräytyy trukkien tarvitsemasta työkäytäväleveydestä eli AST-mitasta. AST-mitta on trukin ulomman reunan pienin kääntösäde, johon on lisätty 100 mm työskentelyvara molemmille reunoille. Käytäväleveydeksi uudessa varastossa riittää 3000 mm. Pientavarahyllystön käytäväleveys on suositusten mukaisesti 800–1000 mm.

Varastoon rakennetaan kattava verkkoyhteys, joka liitetään yrityksen sisäiseen verkkoon. Varastohallintajärjestelmä eli WMS toimii LAN- ja WLAN-verkkossa.

4 Järjestelmien integrointi

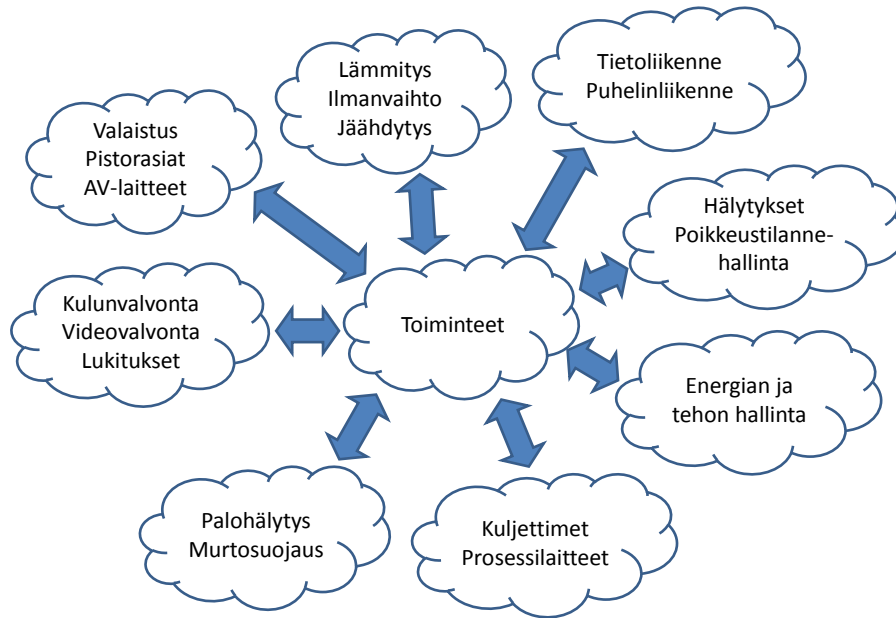
4.1 Integroinnin keskeisiä elementtejä

Järjestelmien integroinnissa yhdistetään rakennuksen eri automaatiojärjestelmät yhteiseksi toiminnaksi. Järjestelmien hallinnointi on mahdollista tehdä yhdellä käyttöliittymällä. Tämä parantaa turvallisuutta, hälytysten vasteaikaa ja energiatehokkuutta.

Keskeisiä elementtejä löytyy lähes kaikista eri järjestelmistä, kuten web-pohjainen liitäntä. Rakennuksen järjestelmissä käytetään eri protokollia, kuten BACnet, Modbus ja LonWorks. Integroidun talotekniikkasovelluksen tarkoitus on ottaa kaikki nämä protokollat hallintaansa poistaen erilliset operointimenetelmät ja hallintalaitteet sekä mahdollistaa avoin kommunikointi kaikille rakennuksen toimilaitteille ja antureille. Tyypillisen järjestelmän kaavio on kuvattu liitteessä 1.

Riittävän kattavia raportteja on helppo ja mahdollista saada, kun kaikki tieto on samassa sovelluksessa. Tämä edesauttaa vaikkapa LEED-sertifiointiprosessin mukaisien raporttien tuottamisen. LEED on rakennuksen ympäristöluokituksen sertifikaatti.

Käyttöliittymistä on kehitetty käyttäjäystävällisiä. Graafiset symbolit helpottavat ja nopeuttavat hallinnointia. Rakennuksen integroitu ohjausjärjestelmä vähentää yleistä hiilijalanjälkeä, visualisoi ja hallitsee energiankulutusta reaaliajassa. Integroitu ohjausjärjestelmä optimoi ja aikaohjaa ilmanvaihtoa, lämmitystä ja valaistusta (6). Kuviossa 2 on esitetty integroitavissa olevia kiinteistön eri toiminteita.



Kuvio 2. Kiinteistön integroitavissa olevia toiminteita (7, s. 11).

4.2 Rakennusautomaatiojärjestelmien kehitys

1970-luvulle asti käytettiin rakennuksen järjestelmien ohjauksiin analogista suoraan komponentteihin perustuvaa ohjausta ja valvontaa. 1980-luvulla alkoi yleistyä suoran digitaalisen säädön eli DDC-tekniikan käyttäminen. Ensimmäisen kerran digitaalisia tietokoneita sovellettiin säädöissä jo 1950-luvulla ohjusten ja ilma-alusten säädöissä. Siihen aikaan tietokoneiden suuri koko ja energiankulutus kuitenkin rajoittivat DDC-tekniikan järkevää käyttöä. Vuonna 1962 englantilainen Imperial Chemical Industries kehitti ensimmäisenä järjestelmän, joka korvasi kokonaan analogisen säätöjärjestelmän yhdellä tietokoneella. Järjestelmä oli kallis verrattuna analogisiin säätöjärjestelmiin. Järjestelmän suosio kuitenkin kasvoi, koska se mahdollisti uudelleenohjelmoinnin ja sitä kautta antoi joustavuutta järjestelmien säätämiseen. Tällöin katsotaan alkaneeksi suoran digitaalisen säädön ajanjakso. Tietokoneiden nopeasta kehitymisestä seurasi se,

että 1980-luvulla sovellettiin paljon DDC-tekniikkaa rakennusautomaatiojärjestelmissä. (8.)

Nykyisin säätö- ja ohjaustoiminnot toteutetaan ohjelmallisesti käyttäen digitaalitekniikkaa. Ongelmia on aiheuttanut eri toimittajien käyttämät protokollat. Protokolla on eri laitteiden välinen yhteinen kieli. (9.) Järjestelmän toimittaja käyttää lähes poikkeuksetta omia tiedonsiirtoprotokollia ja järjestelmä on poikkeuksetta suljettu ja epästandardi. Toisen toimittajan järjestelmä ei näin ollen pysty kommunikoimaan toisen järjestelmän kanssa.

Tällä hetkellä keskeisin asia on integroidun talotekniikan kyky tarjota avointa tiedonvälitystä. Talotekniikassa käytetään useita eri protokollia. Näitä ovat muun muassa BACnet, Modbus ja LonWorks. Integroidun talotekniikan on tarkoitus mahdollistaa kaikkien näiden eri protokollien hallinta poistaen erilliset operointimenetelmät ja hallintalaitteet (6).

Rakennusautomaatiojärjestelmä koostuu kolmesta eri tasosta kuvion 3 mukaisesti. Alimmaisella tasolla ovat kenttälaitteet, seuraava on alakeskustaso ja ylimpänä hierarkiassa on valvomo.



Kuvio 3. Rakennusautomaatio tasot (7, s. 10).

4.3 Kenttälaitteet

Kenttälaitteet ovat järjestelmän ala-asemaan tai säätimeen liitettyjä toimi- ja mittauslaitteita. Älykäs kenttälaitte sisältää prosessorin, siihen liitetyn laitteen, muistin ja toimintoja ohjaavan ohjelman. Kalibroinnit ja viritykset kaukokäyttöisesti parantavat käytettävyyttä. Älykäs kenttälaitte pystyy mittaamaan useita suureita samanaikaisesti helpottaen ja nopeuttaen suunnittelua. Esimerkiksi huoneeseen sijoitettu liiketunnistin voi sisältää myös valotehon mittauksen, jonka perusteella se voidaan liittää valaistuksen ohjaukseen.

Anturit

Toimintaperiaatteeltaan anturit voivat olla joko aktiivisia tai passiivisia. Passiiviset anturit eivät tarvitse erillistä jännitelähdettä, vaan ne generoivat mitattavaan suureeseen verrannollisen jännitteen tai muuttavat resistanssiaan.

Aktiiviset anturit tarvitsevat toimiakseen jännitelähteen. Anturissa mittaus muunnetaan sähköiseksi signaaliksi, jonka lähetinosa lähettää eteenpäin standardiviestinä halutulle mitta-alueelle skaalattuna. Useimmiten sähköisen signaalin virta on 4–20 mA.

Antureilla yleisempiä mitattavia suureita ovat:

- lämpötila
- paine
- suhteellinen kosteus
- paine-ero
- valon voimakkuus
- tuulen voimakkuus ja suunta
- CO- ja CO₂ -pitoisuudet.

Toimilaitteet

Toimilaitteet voivat olla joko portaattomasti säädettäviä tai on/off-tyyppisiä. Portaattomasti ohjattavia kenttälaitteita ovat tyypillisesti erilaiset säätöventtiilit. Sähköisten toi-

milaitteiden säätöviestin jännite on yleensä 0–10 VDC ja varsinainen käyttöjännite on 24 VAC.

Yleisimmät on/off-tyyppiset toimilaitteet ovat raitisilmapeltien toimilaitteet ja magneettiventtiilit. Näiden ohjaukset voidaan toteuttaa suoraan alakeskuksesta 24:n tai 230 VAC:n jännitteellä. Suurempia kuormia ohjataan portaattomasti taajuusmuuttajilla tai sähköryhmäkeskuksen kontaktoreiden avulla.

Rakennusautomaatiojärjestelmään liitetyistä toimilaitteista suurin osa on kosketintietoon perustuvia hälytys- ja tilatietopisteitä (10, s. 107–109). Näitä ovat muun muassa

- paine- ja paine-erokytkimet
- hälytyskoskettimella varustetut paikalliset lämpö- tai paine-eromittarit
- termostaatit
- sähkökojeiden lämpösuojat ja tilaindikoinnit
- verkostojen ja kanavistojen virtauskytkimet
- erillisjärjestelmien häiriöhälytykset
- paikallisohjauskytkimet.

4.4 Kenttäväylät

Kenttäväylä on digitaalinen, kaksisuuntainen, väyläliityntäinen tiedonsiirtoratkaisu (7, s. 32). Kun integraatiioväylä on toteutettu standardisoiduilla protokollalla, voidaan sitä kutsua kenttäväyläksi. Kaupallisia kenttäväyliä ovat muun muassa Modbus, LonWorks, FIP ja Can Controll Area Network (11, s. 262).

Koska kenttäväylä perustuu tehokkaaseen tietoliikenteeseen ja älykkäisiin kenttälaitteisiin, se tarjoaa käyttäjälle merkittävän edun laitediagnostiikan muodossa. Sen ansiosta voidaan päästä entistä tehokkaampaan ennaltaehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon. Tarkempi diagnostiikka tuo merkittäviä parannuksia prosessin käytettävyyteen ja tuotteen tasalaatuisuuteen. Älykkäät toimilaitteet voivat itsessään suorittaa huomattavan osan toiminnoista. Toimintoja ovat suodatukset, skaalaukset ja muunnokset, jotka muuten jouduttaisiin suorittamaan valvomon järjestelmässä. Parhaassa tapauksessa väyläpohjainen ratkaisu vähentää kaapelointia, kytkentäpisteitä ja kytkentäliityntöjen

määrää jopa 60–70 %. Lisäksi tietokantojen yhdenmukaistumisen myötä suunnittelukustannukset pienenevät.

Ohjausjärjestelmät ja kenttälaitteet ovat suurin piirtein samanhintaisia kuin perinteiset laitteet, mutta kenttäväylän yksinkertaisuudesta johtuen ylläpidon kustannukset ovat pienemmät.

Käyttöönotto on helpompaa, koska laitteiden tarvittavat asetukset ja parametrit voidaan syöttää ohjelmallisesti väylän kautta etäyhteyden avulla.

Kenttälaitteita voidaan lisätä jälkeenpäin helposti ja joustavasti, eikä järjestelmää tarvitse kytkeä pois päältä lisäyksien aikana. Uusia kaapeleita ei tarvitse vetää, eikä uusia ristikytkentäkaappeja tai kaapelipäätekoteloita tarvitse lisätä. Kytkentävirheiden mahdollisuus pienenee ja korjaukset nopeutuvat. (7, s. 32–35.)

4.5 Alakeskustaso

Kenttälaitteet liitetään alakeskuksien tulo- ja lähtöpiireihin. Rakenteeltaan alakeskukset ovat tyypillisesti hajautettuja, modulaarisia tai kiinteäpistemääräisiä. Alakeskustasolta lähetetään muun muassa hälytystiedot valvomotasolle. Hälytysten tulee lähteä määritellyille vastaanottajille, kuten päivystävälle kiinteistöhuoltajalle riippumatta siitä onko valvomo käytössä.

Hajautettu alakeskus

Oikeastaan hajautetulla alakeskuksella tarkoitetaan järjestelmää, jossa toiminnot ovat hajautettu moduuleihin. Moduulit kommunikoivat väylässä suoraan toistensa kanssa. Kaapeloinnin minimoimisen kannalta eri moduulit pyritään sijoittamaan mahdollisimman lähelle järjestelmää. Esimerkiksi IV-koneiden säätömoduulit sijoitetaan IV-koneiden viereen.

Modulaarinen alakeskus

Modulaarisessa alakeskuksessa korttikehikossa tai pistokeliitännäisissä moduulipohjissa on toimintokortteja tai toimintomoduuleita. Erityyppisiä I/O-pisteitä varten on omat toimintokorttinsa. I/O-pisteet ovat rajapintoja, joita tietojenkäsittelyjärjestelmät käyttävät keskinäiseen tiedonvälitykseen. Ne kytketään toisiinsa ja prosessorikorttiin alakeskuksen sisäisen tiedonsiirtoväylän avulla. Prosessorikortin maksimi I/O-määrä on 120–160 kpl.

Kiinteäpistemääräinen alakeskus

Kiinteäpistemääräinen alakeskus koostuu tyypillisesti yhdestä elektroniikkakortista, jolla on tietty määrä I/O-pisteitä. Erityyppiset I/O-pisteet voivat olla kiinteästi määrättyjä tai niitä voi vapaasti ohjelmoida maksimimäärien puitteissa. Yleensä kapasiteettia voidaan lisätä lisämoduuleilla sarjamuotoisen laajenemisväylän avulla. (10, s. 97–100.)

4.6 Valvomo

Valvomolaitteistot toteutetaan yleensä perinteisiin Windows-pohjaisiin PC-laitteisiin. Valvomolaitteet liitetään toisiinsa ATK-verkolla käyttäen TCP/IP-osoitteita. TCP/IP on usean internet-liikennöinnissä käytettävän tietoverkkoprotokollan yhdistelmä. Nykyään valvomojen ja alakeskusten välisessä tiedonsiirrossa käytetään internet- tai intranet-yhteyksiä.

Valvomon käyttöä voidaan rajoittaa eri käyttöoikeustasoilla esimerkiksi seuraavasti.

- | | |
|--------|--|
| Taso 1 | Valvojan taso sisältää katseluoikeudet ja rutiinitoimenpiteet. |
| Taso 2 | Käyttäjän taso sisältää normaalit käyttötoimenpiteet. |
| Taso 3 | Ohjelmoijan taso sisältää pääkäyttäjän oikeudet. |

Nyky aikaisten valvomoiden käyttöliittymät on rakennettu käyttäjäystävällisiksi ja niistä saatava informaatio on helposti luettavissa ja tulkittavissa. Yksi valvomon tärkeimmistä

tehtävistä on informoida käyttäjälle ja huoltoliikkeelle järjestelmien antamista hälytyksistä. Visuaalisilla toimenpiteillä voidaan helpottaa hälytysten tulkintaa ja tilaa.

Valvomon hälytystasoja voidaan luokitella esimerkiksi seuraavasti.

Taso 1	Hätähälytys aiheutuu henkilövaarasta tai sen on lakisääteisesti oltava jatkuvassa päivystyksessä.
Taso 2	Kiireellinen hälytys aiheuttaa kiinteistön toiminnassa lisävahinkojen vaaraa.
Taso 3	Hälytysilmoitus ei aiheuta suoranaista vaaraa eikä estä varaston toimintaa.
Taso 4	Huoltohälytys antaa informaation huollon tarpeesta.

Tieto hälytyksistä lähetetään luokituksen perusteella halutuille vastaanottajille haluttuina aikoina. Esimerkiksi tasojen 3 ja 4 hälytyksiä ei lähetetä huoltoliikkeelle yöllä tai viikonloppuna, vaan lähetystä viivästytetään.

5 Langattomuus rakennusautomaatiossa

Johdottomien verkkojen ensisijainen tarkoitus on säästää kustannuksissa. Kustannuksia säästetään, kun kaapeleita ei tarvitse vetää toimilaitteille. Etenkin saneerauskohteissa kaapeleiden vetäminen saattaa tuottaa ylitsepääsemättömiä esteitä. Langattomuudella on samalla mahdollisuus parantaa järjestelmän suorituskykyä, kun eri järjestelmät voidaan liittää samaan runkoverkkoon. Johdottomuuden ansiosta anturit voidaan sijoittaa optimaalisiin paikkoihin.

Rakennusautomaation johdottomia järjestelmiä ei pidä sekoittaa RFID-tekniikkaan, jota käytetään tuotteiden tunnistamiseen ja tallentamiseen. RFID-tunnisteita ovat muun muassa kulunvalvontatunnisteet. Varastoon rakennettava WLAN-verkko palvelee varas-

tonhallintajärjestelmää. WLAN-verkko muodostaa lähiverkon, jonka toimintavaatimukset ovat huomattavasti suuremmat.

Rakennusautomaatiossa käytettäville lyhyen taajuusalueen radiolähettimille on varattu ns. lisenssivapaita taajuusalueita. Euroopassa käytetyt taajuudet ovat 433 MHz, 868 MHz ja 2,4 GHz. Näillä alueilla ei saa lähettää analogista signaalia, vaan signaalin pitää olla digitaalista. (12, s. 3.)

Johdottomasti ohjaavat releet ja säätimet voidaan asentaa koteloituna periaatteessa minne tahansa paikkaan. Antureiden sähkönsyöttö voidaan toteuttaa paristoilla tai akustolla. Esimerkiksi valaistuksen ohjauksessa käytettävissä kytkimissä tarvittava sähkö signaalin lähettämiseen saadaan painikkeen painamisesta.

Johdottomuus tuo myös useita haasteita. Tuotteiden sijoittelussa tulee ottaa huomioon kantamat ja heijastumat. Erilaiset häiriötekijät voivat aiheuttaa häiriöitä käytössä olevalla taajuusalueella. Taajuusalueen käyttöä rajoittavat myös viranomaismääräykset. Akkukäyttöisten antureiden paristojen kestävyys tuo suurimmat haasteet. Näiden tulisi kestää useita vuosia, jotta ne tulisivat asiakkaiden hyväksymiksi (12, s. 8).

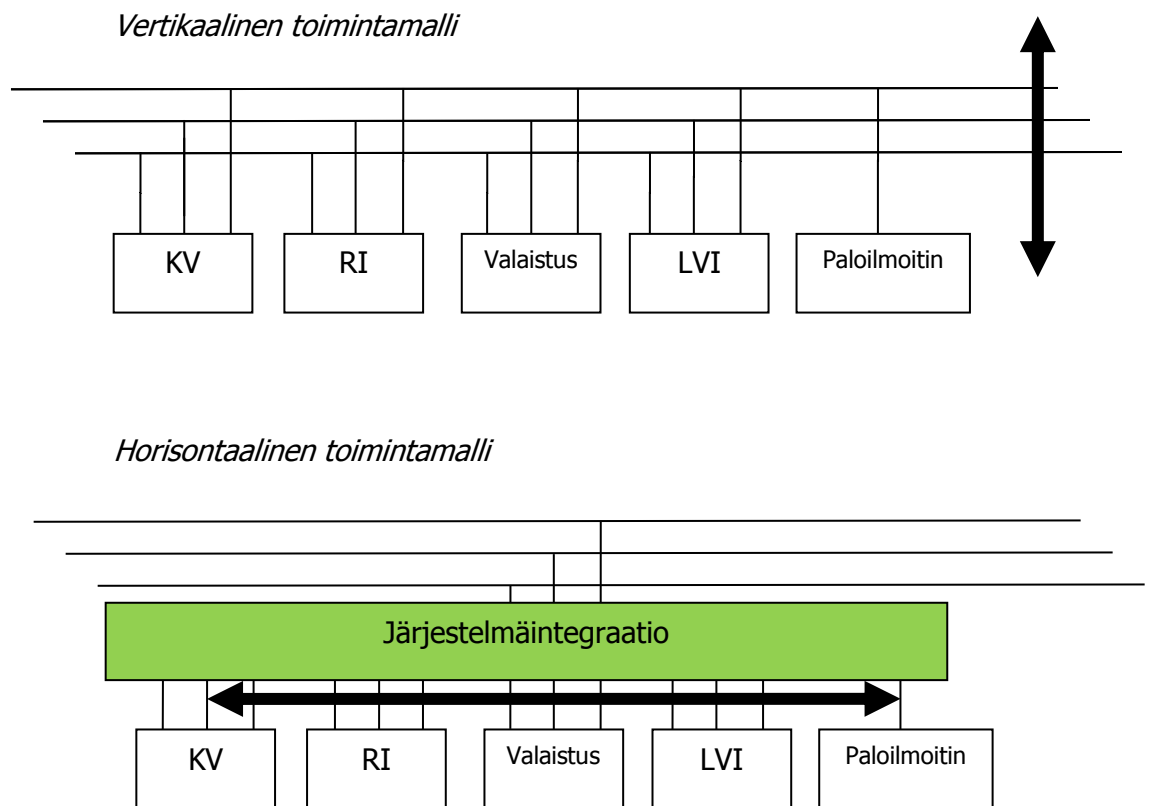
6 Rakennusautomaation järjestelmät ja niiden integrointimahdollisuudet

6.1 Horisontaalinen ja vertikaalinen toimintamalli

Rakennusautomaatiojärjestelmien integrointi muuttaa perinteisen vertikaalisen toimintamallin horisontaaliseksi. Perinteisessä vertikaalisessa mallissa rakennuksen eri teknisissä järjestelmissä on omat ohjaustapansa ja tiedonsiirtokanavansa, jotta järjestelmän tieto saadaan haluttuun määränpäähän.

Järjestelmien integrointi muuttaa tai oikeastaan lisää kokonaisuuteen horisontaalisen suunnan. Edelleen eri järjestelmistä täytyy tieto saada haluttuun määränpäähän, mutta horisontaalisilla toiminnoilla vähennetään päällekkäisyyksiä ja yhdenmukaistetaan tie-

donsiirtoa. (13.) Kuviossa 4 on havainnollistettu vertikaalisen ja horisontaalisen toimintamallin eroa.



Kuvio 4. Horisontaalinen ja vertikaalinen toimintamalli.

6.2 Varastorakennusten tyypilliset toiminnot

LVI-laitteet, säädöt ja ohjaukset

Rakennusautomaatiojärjestelmän perustehtävä on ohjata ja säätää LVI-laitteita. LVI-laitteiden optimoidulla ohjauksella parannetaan varastorakennuksen energiatehokkuutta. Ohjauksella hyödynnetään ulkoilman lämpötilaa ja säädetään IV-koneiden käyntinopeuksia tarpeiden mukaan. Perinteisesti säätö toteutetaan DDC-säätöinä. Varastorakennuksessa säätöohjelmien tulee kyetä ainakin seuraaviin säätöihin ja toimintoihin:

- P-, PI-, PID-säädöt
- kompensointisäädöt ja kaskadisäädöt
- sarjasäätö useammalle portaalle

- minimi- ja maksimirajoitukset
- sarjasäädöt kuolleille alueille
- mittauksien keskiarvo
- mittauksien minimi- ja maksimivalinnat
- aritmeettiset funktiot
- aikafunktiot.

Varaston alakeskuksissa tai muualla sijaitsevien I/O-moduulien täytyy itsenäisesti pysyä toteuttamaan DDC-säätöohjelmat, mittaustietojen näyttö, aikaohjelmiin ja loogisiin ehtoihin perustuvat ohjaukset, käyttötilojen- ja raja-arvojen valvonta sekä pulssitietojen ja trendiraportoinnin tiedonkeruu. Tiedonsiirron katkeaminen muihin I/O-moduuleihin, alakeskuksiin tai valvomoon ei estä moduuliin liitetyn kojeiston toimintaa. (14, s. 21–22.)

LVI-laitteiden integroinnilla voidaan vaikuttaa merkittävästi energiankulutukseen. Integroimalla LVI-laitteet ja kulunvalvonta voidaan IV-koneiden tehoja nostaa henkilöstön tullessa töihin.

Paloilmoitinjärjestelmä

Paloilmoitin on määritelmän mukaan järjestelmä, joka antaa automaattisesti ilmoituksen alkavasta palosta tai laitteiston toimintavalmiutta vaarantavista vioista heti sekä paikallisesti että suoraan hätäkeskukseen. Järjestelmän tulee olla itsenäinen, joten se voi ohjata muita järjestelmiä, mutta muut järjestelmät eivät voi ohjata paloilmoitinjärjestelmää. Eurooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö CENELEC on laatinut standardin CLC/TS 50398, joka on suomennettu ja julkaistu SFS-standardina SFS-CLC/TS 50398. Standardissa määritellään toisten järjestelmien yhdistäminen ja integroiminen hälytysjärjestelmien kanssa.

Perinteisesti palotilanteessa palokunta ohjaa savunpoistoluukkuja erillisestä savunpoistolaukaisukeskuksesta. Savunpoistoluukkuja voitaisiin ohjata myös savuilmaisimilta saatavilla tiedoilla. Paloilmoitinjärjestelmä voi automaattisesti pysäyttää ilmastointijärjestelmän savun leviämisen estämiseksi ja sulkea palo-ovet. Nykyaikaisissa LVI-järjestelmissä käytetään muuttuvia ilmapirtauksia usein taajuusmuuttajien avulla. Sa-

vun hallinta tällaisissa järjestelmissä on monimutkaisempaa. On asennettava varojärjestelmät kanavien ylikuormituksen estämiseksi, jos esimerkiksi pellit eivät avaudu puhaltimien käynnistyessä. (15.)

Valaistuksen ohjaus

Valaistuksen ohjaus liitetään yleensä saumattomasti rakennusautomaatioon. Valaistus on varastorakennuksen yksi merkittävimmistä sähköenergian kuluttajista. Valaistusta ja valonlähteitä käydään läpi tarkemmin luvussa 12. Ohjauksen periaatteena on, että valot palavat ainoastaan siellä missä työskennellään. Tästä syystä valaistuksen ohjauksessa käytetään liike- ja läsnäoloantureilta saatavia tietoja. Varastossa on alueita, joissa turvallisuussyistä valaistuksen on oltava päällä. Automatiikan tehtävä on varmistaa, etteivät valot jää palamaan tai ole turhaan palamassa. Automatiikka lähettää sammutusimpulssit ennalta asetetuin aikavälein varmistuen, että valot ovat sammuksissa. Pihavalaistuksen ohjauksessa käytetään hämäräkytkimiä, jolloin varmistetaan, että kameravalvontajärjestelmän ja turvallisuussertifikaatin TAPA FSR mukaiset minimivalaistuvoimakkuudet täytetään.

Poistumistie- ja turvavalaistus

Integroimalla poistumistievalaistus paloilmoitinjärjestelmään, voidaan poistumistievalojen ohjauksella osoittaa turvallis in poistumistie. Poistumisopasteiden on kuitenkin oltava aina valaistuja (16).

Kulunvalvonta

Kulunvalvonta suojaa yrityksen ja asiakkaiden omaisuutta ja tietoja valvoen, rajoittaen ja ohjaten liikkumista varastoalueella. TAPA FSR-sertifikaatti edellyttää, että kaikki varastorakennuksen ulkokuoren ovet ovat lukittuja. (17.) Varastoon rakennetaan kattava kulunvalvonta, johon liitetään kaikki ovet pois lukien hätäpoistumisovet. Kulunvalvonta liitetään Itellan etähallittavaan kulunvalvontajärjestelmään. Kulunvalvonnan hallinta on mahdollista etäyhteyden avulla.

Monesti kulunvalvonta integroidaan rikosilmoitinjärjestelmään, jolloin hälytys kytketään pois päältä määritellyiltä alueilta, kun henkilö saapuessaan varastoalueelle luetuttaa kulunvalvontatunnisteensa. Kulunvalvontatunnisteena toimivaan ID-korttiin voidaan myös liittää mikrosiru, joka toimii samalla toisten järjestelmien tietoturvasovelluksissa tai älykorteissa. Rakennusautomaatiojärjestelmät voivat toimia kulunvalvontatietojen perusteella ohjaten esimerkiksi valaistusta ja ilmanvaihtokoneita. Palohälytystilanteessa ovien lukitukset voidaan poistaa helpottaen ja nopeuttaen pelastautumista ja palomiesten työskentelyä. (18.)

Mikäli järjestelmällä on tarkalleen tiedossa, missä henkilöitä on ja kuinka paljon, voidaan edellä mainittuja integrointimahdollisuuksia hyödyntää. Haasteena on järjestää sellaiset kulkuovet, joista vain yksi henkilö pääsee kerrallaan kulkemaan tunnisteen avulla.

Kameravalvonta

Varastoon asennetaan kattava videovalvontajärjestelmä, jonka vaatimukset määritellään TAPA FSR:ssä. Nykyaikaiset IP-kamerat saadaan liitettyä lähiverkkoon, jolloin ylimääräisiä kaapeleita ei tarvitse vetää järjestelmän tallentimille asti.

Jos ei olisi tarvetta tallentaa jatkuvasti, voisi kulunvalvonta- tai rikosilmoitinjärjestelmästä antaa ohjauskäskyt kameroille. Integroimalla kameravalvontajärjestelmä rikosilmoitinjärjestelmään voidaan lähettää reaaliaikaista kuvamateriaalia suoraan vartiointiliikkeelle.

Työajan seuranta

Työajanseurantajärjestelmä yhdistetään yrityksen ERP-, taloushallinto- ja henkilöstöjärjestelmiin. Seurantajärjestelmä käyttää samoja tunnisteita kuin kulunvalvontajärjestelmä. Työajanseurantajärjestelmällä voidaan aloittaa projekteja henkilö- ja työtuntitasolla. Samalla voidaan automaation kautta antaa prosessilaitteiden käynnistys- tai toimintalupa. (18.)

Rikosilmoitinjärjestelmä

TAPA FSR asettaa useita vaatimuksia rikosilmoitinjärjestelmälle. Kaikki rakennuksen ulkokuoren aukot tulee olla liitettynä rikosilmoitinjärjestelmään. Esimerkiksi kaikkiin oviin on asennettava magneettikoskettimet, ikkunat suojattava IR-linjailmaisimilla tai lasinrikkotunnistimilla, savunpoistoluukut on varustettava murtosuojauksella. Perinteisessä vertikaalisessa toimintamallissa kaapelointia, erilaisia antureita ja koskettimia tulee korkean turvallisuustason myötä huomattavasti. Nykyaikaiset tietoturvaratkaisut mahdollistavat kuitenkin rikosilmoitinjärjestelmän yhdistämisen osaksi integroituja järjestelmiä. Rikosilmoitinjärjestelmästä lähetetään tietoja poikkeuksetta myös vartiointiliikkeeseen.

Integroimalla rikosilmoitinjärjestelmä kulunvalvontajärjestelmään voidaan esimerkiksi ovi avata vasta sitten, kun murtohälytys on asianmukaisesti kytketty pois. Tällä ratkaisulla vältetään vääriä hälytyksiä. Murtohälytystilanteessa valaistusta voidaan ohjata halutulla tavalla.

Erillisjärjestelmät

Erillisjärjestelmillä tarkoitetaan tässä tapauksessa tuotannon ja prosessin hyödykkeitä. Yleensä erilliset järjestelmät eriytetään tietoisesti varsinaisesta kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmästä, koska ne palvelevat tuotantoa ja niihin liittyy usein integraatioita WMS-järjestelmään. Puhutaan ns. asiakas-palvelin-arkkitehtuurista. Tekniikan tulee tässä mallissa mahdollistaa hajautettu rajapinta. Erillisjärjestelmän palvelun tarjoava sovellus sisältää palvelinosan, johon asiakas ottaa yhteyden verkon kautta. Asiakas-palvelinjärjestelmän ei tarvitse olla fyysisesti eri koneessa. Järjestelmä voi olla myös samassa palvelimessa, jossa se toimii eri prosessinaan.

Nosto-ovet

Logistiikkavaraston toiminta tavarat logistisen ketjun osana tarkoittaa tavaravirran liikkumista varastosta sisään ja ulos. Suomen tavaraliikenteen käyttämistä kilometreistä vuonna 2007 noin 67 % hoidettiin tieliikenteellä (19). Tässä työssä tarkasteltavan varaston kaikki kuljetukset suoritetaan tieliikenteellä. Varastossa on 87 nosto-ovea, joiden

kautta tavara lastataan autoihin ja puretaan autoista. Suurin osa nosto-ovista on 3 metriä leveitä ja 3,5 metriä korkeita.

Lämmitys- ja jäähdytysenergian kannalta on tärkeää kiinnittää huomioita näiden nosto-ovien toimintaan. Yhteenlaskettu nosto-ovien pinta-ala on noin 900 m², joten energiahävikki turhaan auki olevista nosto-ovista on suuri. Ilman syytä auki jätetyt nosto-ovet aiheuttavat jopa 80 % vältettävissä olevista energiahävikeistä (20). On kehitetty valvontajärjestelmä, joka vähentää energiahävikkiä ja parantaa turvallisuutta. Järjestelmässä jokainen nosto-ovi kytketään palvelimeen sarjaliikennekaapelilla. Valvontajärjestelmä perustuu avoimen standardin OPC-palvelimeen. Järjestelmän avulla huolehditaan siitä, ettei yksikään nosto-ovi ole auki, jos lastauslaiturissa ei ole autoa. Nosto-ovet voidaan järjestelmän avulla sulkea automaattisesti, jos lastaus viivästyy.

TAPA FSR:n vaatimusten mukaan myös nosto-ovet tulee olla lukittuina työajan ulkopuolella. Valvontajärjestelmän avulla lukitus voidaan tehdä automaattisesti. Lukitus tehdään nosto-oven lukolla, joka on kehitetty etähallintaa ajatellen. Valvomosta voidaan ohjata ovien lukitukset työpäivän päätteeksi tai vaihtoehtoisesti se voidaan automatisoida, koska ovien tilatiedot ja ohjaus tuodaan keskusvalvomoon. Nosto-oviin asennetaan valokenno, joka valvoo liikettä oven alapuolella. Tällä täytetään konedirektiivin vaatimukset. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2006/42/EY mainitaan, että ”ohjausjärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava niin, että käynnistyminen estyy, jos joku on vaaravyöhykkeellä”. Tilatieto voidaan ohjata myös hälytyskeskukselle ja rikosilmoitinjärjestelmään saadaan tilatieto nosto-oven lukosta.

Ajoporttiohjaus

TAPA FRS:n vaatimusten mukaan piha-alueen tulee olla aidattu ympäriinsä ja henkilöauto- ja tavaraliikenne on eriytettävä toisistaan. Tavaraliikenne ohjataan sisään kahdesta ajoportista ja ulos yhdestä. Ajoportteja ja aluetta valvotaan valvontakameroilla. Ulosajoportin puomin ohjaus on edullisin ja toiminnallisesti paras tehdä silmukkaohjauksella, jossa käämilanka upotetaan asfalttiin. Puomin lisäksi uloskäyntiin tulee liukuportti, jota ohjataan kiinteistövalvomosta. Liukuportti on suljettuna yöaikaan, viikonloppuisin sekä pyhäpäivinä, jolloin varastossa ei työskennellä tai työskennellään satunnaisesti. Liukuportin ohjaus liitetään myös silmukkaan.

Sisääntuloportteja tulee kaksi kappaletta, jotta sisääntuloliikenne alueelle on nopeampaa ja välttyään ruuhkatilanteilta. Sisääntuloporttien ohjaukseen on monia eri vaihtoehtoja. Porttien avautumista voidaan ohjata esimerkiksi kulunvalvonnalla, RFID:llä, GSM:llä, porttipuhelimella tai kameraohjauksella. Ylläpitokustannuksiltaan ohjaustavalla ei ole merkittäviä eroja. Vahinkojen korjaukset ovat suurin kustannuksien aiheuttaja. Vahinkojen välttämiseksi kyseinen alue tulee suunnitella riittävän väljäksi, jotta suuretkin yhdistelmäajoneuvot mahtuvat porteista helposti kulkemaan. Tekniikka ja rakennelmat tulee suojata tarpeeksi tukevilla törmäyssuojilla. Suojaustoimenpiteistä huolimatta vahingon sattuessa pitää alueella olla riittävä valaistus ja kameravalvonta, jotta vahingon aiheuttaja saadaan vastuuseen vahingosta.

Ajoportit sijaitsevat suhteellisen etäällä kiinteistöstä, mutta kaapelointi ja yhteys kiinteistövalvomoon on tehtävä. Sisääntuloporttien ohjaus on kannattavaa tehdä ajoneuvon rekisterinumeron kameratunnistuksella. Kamera tunnistaa saapuvan ajoneuvon rekisterinumeron. Portti aukeaa, jos järjestelmässä on annettu lupa kyseiselle ajoneuville. Toiminnallisuus edellyttää, että järjestelmään on etukäteen syötetty ajoneuvon rekisterinumero. Suurin toiminnallisten häiriöiden aiheuttaja ovat likaiset rekisterikilvet, joita kamera ei pysty tunnistamaan.

7 Varastorakennuksen erityisvaatimukset

Varastorakennuksessa on huomioitava tiettyjä erikoisvaatimuksia normaalien rakennusmääräyksien lisäksi. Tässä luvussa tarkastellaan näistä muutamia Itellan näkökulmasta.

Valaistusvaatimukset

Valaistuksen tasot on määritelty standardissa SFS-EN 12464-1. Taulukkoon 1 on listattu varastorakennuksessa olevat tilatyypit ja standardin asettamat valaistusvaatimukset.

Taulukko 1. Valaistuksen tasot.

Alue	\bar{E}_m [lx]	UGR _L	R _a
Liikennealueet ja käytävät	100	28	40
Portaikot, kuljettimet	150	25	40
Ajoluiskat, lastausalueet	150	25	40
Kahvihuoneet	200	22	80
WC:t	200	25	80
Talotekniset huoneet, kytkentätilat	200	25	60
Varastotilat	100	25	60
Lähetämö- käsittelyalueet	300	25	60
Käytävät, ei henkilöliikennettä	20	-	40
Käytävät, joissa henkilöliikennettä	150	22	60
Käyttö- ja ohjauspaikat	150	22	60
Tekstiilien käsittely	750	22	80
Tekstiilien ompelu	750	22	80
Toimistotyö, arkistointi ja kopiointi	300	19	80
Toimistotyö	500	19	80
Neuvottelu- ja kokoushuoneet	500	19	80
Arkistot	200	25	80
Odotusaulat	200	22	80

Taulukossa \bar{E}_m on valaistuksen voimakkuuden huoltoarvo, jonka alle määrätyn alueen keskimääräinen valaistusvoimakkuus ei saa laskea.

UGR_L (Unifield Glare Rating) on kiusahäikäisyn arvo.

R_a on yleinen värintoistoindeksi, joka on kehitetty värintoisto-ominaisuuksien tasapuoliseen määrittämiseen. Sen suurin arvo on 100, ja mitä pienempi arvo on, sitä huonommat värintoisto-ominaisuudet ovat.

Lisäksi TAPA FSR asettaa kameravalvotuille kohteille vaatimuksen, että kuva näkyy ja on selkeä (17). Tähän riittää nykyisillä megapikselikameroilla 10 lx:n valaistusvoimakkuus.

Uudessa standardissa 12464-1 määritellään myös työalueen ja välittömän lähialueen lisäksi tausta-alueen valaistusvoimakkuus. Esimerkiksi jos työalueelle vaaditaan 500 lx, niin välitön lähiympäristö vaatii 300 lx ja tausta-alue 100 lx. (21, s. 14.)

Trukkien lataushuone

Vakuutusyhtiöt suosittelevat ja yleisesti viranomaiset vaativat trukkien latauspaikaksi erillistä lataushuonetta. Valtioneuvoston asetusta 576/2003 sovelletaan, jos tila on sellainen, jossa saattaa esiintyä räjähdyskelpoisten ilmaseoksien aiheuttamia vaaroja. Trukkien akkujen latauksessa syntyy räjähdyskelpoista ilmaa kevyempää vetykaasua. Rakennusautomaation tulee katkaista varaajien sähkönsyöttö, mikäli ilmanvaihto pysähtyy.

Vaarallisten aineiden varasto

Toinen räjähdysvaarallinen tilatyyppejä varastorakennuksessa on vaarallisten aineiden varasto. Räjähdysvaarallisten tilojen ATEX-lainsäädäntö tuli voimaan vuonna 2003, ja se asettaa tiloissa käytettäville laitteille, komponenteille ja suojausjärjestelmille omat vaatimukset. ATEX tarkoittaa räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviä laitteita koskevaa lainsäädäntöä ja standardisointia. Tiloja suunniteltaessa tulee käyttää vain ATEX-hyväksytyjä laitteita. ATEX-tiloissa käytettäväksi tarkoitettuja laitteita ja suojausjärjestelmiä on voitu 1.7.2003 lähtien valmistaa ja myydä vain, jos ne täyttävät ATEX-laitesäädösten vaatimukset. (22.)

Sertifikaatit

Varastorakennuksen toteutuksessa tulee huomioida turvallisuussertifikaatti TAPA FSR, laatu- ja ympäristösertifikaatit ISO 9001 ja ISO 14001 ja LEED-ympäristöluokitus.

Muuntojoustavuus

Logistiikkakeskukseksi rakennettavassa varastorakennuksessa tulee olla mahdollisuuksia joustavasti ja kustannuksia aiheuttamatta muuttaa varastointiolosuhteita asiakastarpeiden mukaisesti. Näitä ovat muun muassa lämpötilojen säätely tarpeiden mukaan

tilakohtaisesti, tuotannon tilatarpeiden eli hyllystön layoutien muokkaaminen ja valaistuksen ohjauksen muuntojoustavuus.

Modulaarisuus

Varastorakennuksen kaikessa suunnittelussa on huomioitava laajennusmahdollisuudet. Tämän opinnäytetyön kohde otetaan käyttöön vaiheittain, joten jo siitäkin syystä talotekniikan suunnittelussa on laajennettavuus huomioitava. Sen lisäksi että varastot saattavat myöhemmin laajentua ulkomitoiltaan, myös varaston sisällä tarpeet voivat muuttua. Tarvitaan lisää lämpötilasäädelyä tilaa tai prosessilaitteita, jotka tulee liittää rakennusautomaatiojärjestelmään. Rakennuksen suunnitteluvaiheessa on kyettävä järkevissä määrin ottamaan huomioon teknisien laitteiden modulaarisuus. Rakennusvaiheessa investointi varauksiin on huomattavasti edullisempaa kuin jälkeenpäin rakentaa haluttu lisäys.

8 Talotekniikan suunnittelu

Uuden varastorakennuksen talotekniikan suunnittelun ensimmäisessä vaiheessa tehdään tarveselvitys. Siinä kuvataan alustavasti uudet tilat ja niille asetetut vaatimukset. Tutkitaan, mitä erilaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja ja käyttömahdollisuuksia on olemassa ja arvioidaan niiden kustannukset. Ensimmäinen ratkaistava asia on hankepäätös.

Hankepäätöksen jälkeen tehdään projektiohjelma. Projektiohjelmassa esitetään hankkeen läpiviennille ja suunnittelulle asetetut tavoitteet. Tehdään tarvittavia selvityksiä ja määritellään alustavasti talotekniikan toteutusmuoto.

Seuraavaksi tehdään investointipäätös. Kun investointi on päätetty ja hyväksytty, voidaan aloittaa varsinainen suunnittelutyö. Valmisteluvaiheessa organisoidaan talotekniikan suunnittelu. Valmisteluvaiheeseen kuuluu myös tarjouskilpailutus, jonka pohjalta valitaan suunnittelijat ja tehdään suunnittelusopimukset. Kun suunnittelijat on valittu, tarkistetaan projektiohjelmassa esitetyt tavoitteet. Suunnittelua ohjataan ja valvotaan, jotta voidaan varmistua, että asetetut tavoitteet tulee täytettyä ja että suunnitteluratkaisut ovat keskenään yhteensopivia. Tuloksena tässä vaiheessa syntyy vaihtoehtoisia

suunnitteluratkaisuja sekä ehdotussuunnitelma. Kun ehdotussuunnitelma on valittu, tarkennetaan sitä toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. Yleissuunnitelma kohdistuu varastorakennuksen kiinteään perusosaan, mutta voi vielä tässä vaiheessa sisältää erilaisia tilaratkaisuvaihtoehtoja.

Hyväksytyn yleissuunnitelman jälkeen aloitetaan tarvittavien lupa-asiakirjojen laadinta, joilla voidaan hakea hankkeelle rakennuslupa. Tässä vaiheessa laaditaan myös tarjouspyyntöasiakirjat.

Kun rakennuslupa on saatu, aloitetaan hankkeen toteutussuunnittelu. Toteutussuunnitteluvaiheeseen sisältyy tuoteosa- ja järjestelmäosasuunnittelu. Hyväksytyjen toteutussuunnitelmien jälkeen aloitetaan rakentamisen valmistelu. Suoritetaan kilpailutus urakoitsijoista ja tehdään lopuksi urakka- ja hankintasopimukset sopimusneuvotteluiden pohjalta. Rakentamisen ohjauksella varmistetaan, että asetettuihin tavoitteisiin päästään. Eri urakoiden osa-alueille on erikseen yleensä ulkopuolinen valvoja, joka valvoo, että työt tehdään sopimuksien mukaisesti ja noudatetaan kaikkia asetettuja säädöksiä, määräyksiä ja ohjeita. Hankkeen valmistuminen todetaan vastaanottotarkastuksessa, jonka tilaaja hyväksyy. Tätä ennen on suoritettu kaikki tarvittavat viranomaistarkastukset. Ennen vastaanottotarkastusta suoritetaan järjestelmien koekäytöt ja koulutukset, joissa on varmistettu, että järjestelmät toimivat halutulla tavalla ja että tilaajan määrittelemä taho on saanut tarvittavat koulutukset järjestelmän huoltoon ja ylläpitoon. Vastaanottotarkastuksessa luovutetaan järjestelmään liittyvät dokumentit sopimusten mukaisesti.

Kun järjestelmä on hyväksytysti vastaanotettu, alkaa takuu-aika. Takuu-aikana seurataan järjestelmän toimivuutta ja tehdään tarvittavia säätöjä. Tilaajan on huolehdittava, että takuuajan jälkeen järjestelmän huollosta on tehty huolto- ja ylläpitosopimukset. (23.)

Jo suunnitteluvaiheessa on tärkeää huomioida dokumentointi. Suunnitteluasiakirjoissa tulee kiinnittää huomiota muun muassa järjestelmien yhteensovitukseen. Loppudokumentointivaiheessa täydennetään suunnitteluasiakirjoissa olevia suunnitelmia vastaamaan toteutusta. Dokumentointi on erittäin tärkeä apuväline varaston käyttäjälle ylläpidossa, muutoksissa ja mahdollisissa laajennuksissa. Kun dokumentointi on hyvä ja

tarkka, käyttäjä ei ole myöhemmin sidonnainen tiettyihin urakoitsijoihin. Tämä helpottaa esimerkiksi huoltoyhtiöiden kilpailuttamista, ja uusi huoltoyhtiö pystyy ottamaan vastuulleen järjestelmien huollot ja ylläpidon. Loppudokumentaatio toimitetaan tilaajan määrittelemissä muodoissa sähköisesti ja paperiversioina. Loppudokumentaatioon tulee liittää myös käytettyjen komponenttien tiedot ja spesifikaatiot sähköisessä muodossa. On helpompaa hakea komponentille korvaava tuote, jos sen valmistus on esimerkiksi lopetettu.

Integraation suunnittelu

Lähtökohtana suunnittelussa on jonkin järjestelmän tuottaman tiedon tehokas hyödyntäminen joko sellaisenaan tai jossakin muussa järjestelmässä. Järjestelmiä integroimalla vältetään eri järjestelmien tietojen päällekkäisyyksiltä. Esimerkiksi rikosilmoitinjärjestelmän huoneen liiketunnistin ja valaistuksen ohjauksen läsnäolotieto voidaan ottaa samasta toimilaitteesta, eikä tilaan tarvitse asentaa ja kaapeloida molemmille järjestelmälle omaa anturia. Integrintitarpeiden laajuutta voidaan tarkastella liitteessä 2 olevan matriisitaulukon avulla. Ei ole tarkoitus hankkia tekniikkaa tekniikan vuoksi vaan järjestelmien integroinnin tulee perustua tarpeen- ja hyödynmukaisuuteen. (24.)

9 Järjestelmien välinen kommunikointi

Itellan tuotannon tarpeiden vuoksi varastorakennukseen rakennetaan kattava lähiverkko. Tässä luvussa tarkastellaan, miten lähiverkkoa voidaan hyödyntää erillisjärjestelmien integroinnissa. Käytännössä jo yksittäisen järjestelmän kytkeminen yrityksen käyttämään LAN-verkkoon voi olla tietoturvasyistä vaikeaa. Tämä tulee tiedostaa etenkin avoimien tietoverkkojen yhteydessä. On kuitenkin mahdollista erottaa LAN-verkosta erillinen virtuaalinen lähiverkko VLAN. (25, s. 10.)

Maailmanlaajuinen internet on tehnyt IP-verkoista ja TCP/IP-liikenteestä tärkeimmän tietoliikenteen muodon. TCP/IP-käsitteellä ymmärretään laajoja joukkoja erilaisia protokollia. Taulukossa 2 on kuvattu muutamia tärkeimpiä.

Taulukko 2. TCP/IP-liikenteen kerrokset.

Sovellus	Selain	Sovellusohjelmat	
Sovelluskerros	HTTP	FTP	Sovellustason protokollat
Kuljetuskerros	TCP-yhteys		UDP-sanoma
Verkkokerros	Internet-protokollat		
Peruskerros	LAN (ethernet), WAN (ATM), GPRS (PPP)		

Eri järjestelmien tietoliikenne on usein TCP/IP-pohjaisia. TCP/IP-liikennöinti perustuu ethernet-liitäntään, jota hyödynnetään myös lähiverkossa. Liitäntärajapinnat vaihtelevat suuresti, mutta käytännössä ne voidaan jakaa kahteen pääryhmään; releliitäntäisiin, jotka ovat tyypillisesti yksisuuntaisia hälytyslähetojä, ja protokollaliitäntäisiin, jotka voivat olla yksi- tai kaksisuuntaisia (25, s. 16).

Tarkasteltavan kohteen rakennusautomaatiojärjestelmäksi on alustavasti valittu Fidelix. Fidelixin käyttämä väylätekniikka on Modbus. Modbus on vuonna 1979 julkaistu sarjaliikenneprotokolla, ja siitä on olemassa sarjaportti- ja ethernet-versiot. Modbus-protokollia on useita. Modbus TCP/IP -väylän kautta kommunikoivan laitteen suurin etu on siinä, että sen voi liittää suoraan ethernet-verkkoon.

Markkinoilla on jo paljon väylä- eli protokollamuuntimia, jotka muuttavat eri järjestelmien käyttämiä protokollia TCP/IP-protokollaksi. ABB:llä on väylämuunnin TCP/IP-Gateway IPS/2.1, jonka avulla voidaan ohjata tai lukea kaikkia KNX-toimilaitteita etänä (26). Sarlinilla on Red Lion -protokollamuunnin Data Station Plus, jonka avulla eri valmistajien laitteet saadaan kommunikoimaan keskenään (27). Advantech EKI-12XX-protokollamuuntimella saadaan Modbus RTU/ASCII muunnettua Modbus TCP -protokollaksi (28). HMS X-Gateway Lonworks Slave -kenttäväylämuuntimella Lonworks-väylä voidaan muuttaa halutulle kenttäväylälle. HMS X-Gateway tukee seuraavia kenttäväyliä ja Industrial-ethernet-verkkoja: Profibus, Profinet, DeviceNet, Ethernet/IP, ControlNet, CANopen, CC-Link, Interbus, Lonworks, AS-Interface, EtherCAT, Modbus-TCP, Modbus Plus, Modbus-RTU, FIPIO ja J1939 (29). Kotimaisista valmistajista mainittakoon YIT:n MRX 012 LON -protokollamuunnin, joka on rakennusautomaatiojärjestelmiin suunniteltu modulaarinen reititinratkaisu, joka voidaan liittää LonWorks™-tiedonsiirtoverkon ja Ethernet TCP/IP -verkon väliin (30).

Eri järjestelmät käyttävät paljon erilaisia protokollia. Oli järjestelmän käyttämä protokolla TCP/IP tai jokin muu, voidaan todeta, että tänä päivänä on markkinoilta saatavissa lähes kaikkiin väylämuuntimet. Järjestelmät saadaan kommunikoidaan TCP/IP-tiedonsiirron kanssa. Kun tietoturva-asiat ovat kunnossa, väylämuuntimien ansiosta IP-osoitteiden ja lähiverkon hyödyntäminen on mahdollista eri järjestelmien kesken.

10 Valaistus

Valaistus on varastorakennuksen merkittävin energiankuluttaja. Tässä luvussa tarkastellaan eri valaistus vaihtoehtoja ja niiden merkitystä energiankulutukseen ja sitä kautta saataviin säästöihin. Valonlähteen valinnan lisäksi oleellinen tekijä on sillä, miten valaistusta ohjataan. Luvussa 9.1 mainittiin vaatimuksia, joiden mukaan ohjauksen ja valaistustason on vähintäänkin toimittava.

Valaistus voidaan toteuttaa kolmella vaihtoehtoisella tavalla:

1. T5-loisteputkilla, elektronisilla liitäntälaitteilla ja käytäväkohtaisella on/off-tyyppisellä ohjauksella
2. T5-loisteputkilla, elektronisilla liitäntälaitteilla ja käytäväkohtaisella säädettävällä ohjauksella
3. LED-valaisimilla ja käytäväkohtaisella on/off-tyyppinen ohjauksella.

Kilpailutilanne valaisinmarkkinoilla eri tekniikoiden ja valonlähteiden välillä on tällä hetkellä kova. Standardiin IEC-61347 on ehdotettu muutosta, että maasta erotetulla SELV-puolella ei saa olla jännitteistä ohjausliitäntää, kuten control 1-10V tai DALI. Ehdotus tarkoittaisi sitä, että ohjaussignaali pitää olla erotettu SELV-piiristä vähintään vahvistetulla eristyksellä. (31.)

10.1 Erilaiset valonlähteet

Varastorakennuksissa tyypillisesti käytettävät valaisimet ovat loisteputkivalaisin T5 tai T8, monimetallilamppu tai yleistymässä oleva LED. Monimetallilamppu ja loisteputkivalaisin T8 ovat vanhanaikaisia, eikä niitä uudiskohteissa enää käytetä. T5-

loisteputkivalaisimen kilpailijaksi on tullut LED-valaisin. Vanhoissa varastoissa T8-putket voidaan suoraan korvata LED-valaisimilla. T5-putkien standardien mukaiset ripustuskestävyydet ovat pienemmät kuin T8-putkissa. Tämän seurauksena painavia LED-putkia ei voida suoraan vaihtaa T5-putkien tilalle.

Loistelamput

Loistelamput kuuluvat toiminnaltaan purkauslamppujen ryhmään. Ne ovat pienipaineisia elohopeahöyrylamppuja. Loistelampussa elektronien tuottaman sähköpurkauksen avulla lampun sisällä oleva täytöskaasu saadaan säteilemään UV-alueella. Täytöskaasu on tyypillisesti argonia tai elohopeaa. Lasikuoren loisteaineessa säteily muuttuu näkyväksi valoksi. Vaihtovirtasyöttöisen lampun valo ei ole jatkuvaa, koska valovirta alenee vaihtovirran jokaisella puolijaksolla. Tästä syystä käytetään magneettisten kuristimien sijaan elektronisia liitälaitteita, mikä eliminoi tämän värähtelyn. (33.)

Vanhemmissa varastoissa on paljon vielä T8-loistelamppuja. Nykyään T5 on korvannut T8-loisteputken. T8-putken halkaisija on 26 mm ja T5-putken 16 mm. T5-putkien kanssa voidaan käyttää ainoastaan elektronisia liitälaitteita. Elektronisten liitälaitteiden käyttöikä on useimmiten 50000 h, jonka jälkeen noin 10 % liitälaitteista on vikaantunut (34, s. 6). Liitälaitteet kuluttavat sähköenergiaa keskimäärin 3 wattia.

EuP-direktiivi vaikuttaa loisteputkiin. T8-loisteputkisarjasta ovat poistuneet vuonna 2010 halofosfaattiloisteputket. T8-putkea edeltänyt malli T12-loisteputki poistuu markkinoilta vuonna 2012. Vuonna 2017 on tarkoitus, että vain elektroniset liitälaitteet jäävät markkinoille.

Monimetallilamput

Monimetallilamput eli metallihalogeenilamput kuuluvat toiminnaltaan myös purkauslamppujen ryhmään. Monimetallilampussa sähkökentän vaikutuksesta liikkuvat elektronit vapauttavat säteilyenergiaa, kun ne törmäävät metallihöyryn atomeihin. Varastoissa joissa valotehokkuus ei tarvitse olla suuri, käytettiin ennen T8 yleistymistä monimetallilamppuja. Monimetallilamppujen heikkoutena on sen pitkä syttymis- ja sammumisaika. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että valot ovat päällä koko työskentelyajan. Energia-

tehokkuuden kannalta valoja kannattaa pitää päällä ainoastaan siellä missä työskennellään. (33, s. 6.)

LED-lamput

LED on lyhennys sanoista Light Emitting Diode. Suomennettuna se on valodiodi. LED-valoissa tuotetaan valo eri lailla kuin purkauslamppujen ryhmään kuuluvilla valoilla. LED-valo tuottaa yleensä vain yhdenväristä valoa.

LED-valoa emittoiva diodi perustuu puolijohdetekniikkaan. Elektroniikassa puolijohteita ovat muun muassa diodit ja transistorit. Puolijohteet johtavat sähköä heikommin kuin esimerkiksi kupari, joka on varsinainen johde. Tärkeimpiä puolijohdeaineita ovat pii ja germanium.

Esimerkiksi piiatomin uloimmassa elektroniverhon kehällä on neljä elektronia. Kaksi piiatomia voi sitoutua toisiinsa muodostaen säännöllisen kiderakenteen kovalenssisidoksella. Jos puolijohteeseen lisätään pieniä määriä muita aineita, joissa on enemmän tai vähemmän elektroneja, saadaan kovalenssisidokseen häiriö. Tällainen häiriö aiheuttaa joko elektronin lisäyksen tai elektronin vajauksen uloimmalla elektronikehällä. Jos lisäaine saa aikaan elektronin lisäyksen, rakenteeseen tulee yksi ylimääräinen elektroni, joka ei osallistu kiderakenteeseen. Elektroni on negatiivisesti varautunut, joten tällaista puolijohdetta kutsutaan N-tyyppiseksi. Jos lisäaine saa aikaan elektronivajauksen, syntyy tästä positiivinen varaus ja sitä kutsutaan P-tyyppiseksi. Näistä käytetään myös nimityksiä enemmistövarauksenkuljettaja (N-tyyppi) ja vähemmistövarauksenkuljettaja (P-tyyppi). Yhdistämällä kaksi erityyppistä puolijohdetta, saadaan aikaiseksi PN-liitos, joka muodostuu P-tyyppisestä ja N-tyyppisestä puolijohteesta sekä näiden välisestä rajapinnasta. Tämä liitos muodostaa diodin. Diodin rajapinnassa enemmistövarauksenkuljettajien ja vähemmistövarauksenkuljettajien tiheys on suuri. Rajapinnassa N-tyypin puolijohteen elektroneja kulkee P-puolelle ja elektronit täyttävät vapaita aukkoja elektronikehällä. Vastaavasti P-puolelta kulkee aukkoja N-puolelle, jotka täyttyvät. Tätä ilmiötä kutsutaan rekombinaatioksi.

Kun ulkoisen virtalähteen negatiivinen napa kytketään N-tyyppiseen materiaaliin ja positiivinen napa P-tyyppiseen materiaaliin kapenee rajapintavyöhyke ja enemmistöva-

rauksenkuljettajat pääsevät rajapinnan. Tämä saa aikaan virran kulkemisen. Valodiodeissa virta johdetaan myötäsuuntaisesti diodin yli, jolloin elektroni-aukkoparin rekombinoituminen saa aikaan atomin viritystilan purkautumisen alemmalle energiatasolle vapauttaen ylimääräisen energian valona. LED-valonlähteet perustuvat pn-liitokseen, jossa elektroni aukkoparin rekombinoituminen saa aikaan fotonin emission. (35.)

10.2 Valaisinten vertailu

Valaisimien ominaisuuksia voidaan vertailla useiden eri ominaisuuksien perusteella. Taulukossa 3 on esitetty muutamia oleellisia ominaisuuksia ja varastoympäristössä käytettäviä valaisinmalleja. T5- ja T8-loisteputkissa on huomioitu vain elektronisilla liitäntälaitteilla varustettuja valaisimia.

Taulukko 3. Valaisinten vertailutaulukko.

Lamppu	Monimetalli	Loisteputki T8 58W longlife	Loisteputki T5 49W	Loisteputki T5 49W longlife	LED
Valovirta (lm)	24000–45000	5200	4300	4300	0,5–3000
Valotehokkuus (lm/W)	90–125	90	99	99	20–409
Väriämpötila (K)	2900–4200	2700–6500	2700–6500	2700–6500	2700–6500 Yleisesti 3300, 4300 ja 5300
Värintoistoindeksi (Ra)	20–96	80–95	80–95	80–95	70–97
Polttoikä (h)	7500–16000	60000	19000	48000	10000–100000
Syttymisaika	2–4 min	Lähes heti	Lähes heti	Lähes heti	Heti
Jälleensyttymisaika	6–20 min	Lähes heti	Lähes heti	Lähes heti	Heti
Hyödyt	-	- Valoteho - Säättömahdollisuus	- Valoteho - Säättömahdollisuus	- Valoteho - Käyttöikä - Säättömahdollisuus	- Ei lämpösäteilyä - Käyttöikä - Tärinäsieto - Värintoisto - Syttyy heti - Ei kärsi sytytys/sammutuksista
Haitat	Pitkä syttymisaika	Liitäntälaitte	Liitäntälaitte	Liitäntälaitte	- Hinta - Valovirta alenee ikääntyessä

10.3 Valaistuksen ohjaus ja käyttöajat

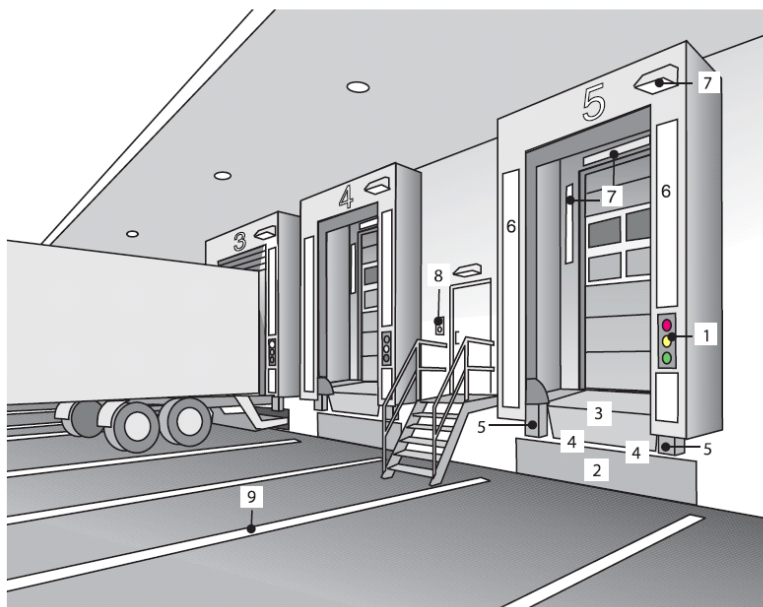
Tässä eritellään lyhyesti logistiikkavarastossa olevia erilaisia tilatyyppejä ja sitä, miten niiden valaistuksen ohjaus on järkevä toteuttaa. Valaistuksen ja energiankulutuksen kannalta merkityksettömiä kohteita, kuten siivouskomerot, IV-konehuoneet ja sähköpääkeskukset ei ole käsitelty.

Toimistoissa, taukotiloissa ja ruokalassa valaistuksen ohjaus tulee olla läsnäolotietoon perustuva.

Neuvotteluhuoneet varustetaan himmentimillä, joita voidaan ohjata manuaalisesti. Valaistuksen ohjaus tulee olla läsnäolotietoon perustuva.

Suurin osa kiinteistön pinta-alasta on erityyppisiä tuotantotiloja. Suunnittelussa on huomioitava tilojen muuntojoustavuus. Ylläpitokustannusten suurimmat tekijät ovat lämmitys ja sähkö. Valaistuksen ohjauksen periaatteena on, että valot palavat ainoastaan siellä, missä työskennellään.

Kuormaustilojen valaistuksen tarkoitus on valaista lastaustaskua, kun rekka on peruuttamassa taskuun ja kun kuormaa puretaan tai lastataan. Työskentelytila on pimeä muutoin myös päivällä, koska kontti tai traileri tiivistetään taskuun kuormaustiivisteellä. Katetun kuormaustilan valaistussuositus on 75–150 lx (36, s. 9). Tilaan riittää kolme loisteputkivalaisinta esimerkiksi T5-loisteputkella. Aikaisemmin paljon käytetty T8-valaisin on kannattavaa korvata T5-valaisimella, koska se on 7–10 % energiatehokkaampi. Kuviossa 5 on kuvattu lastaustasku ja siihen saatavissa olevia lisävarusteita.



- 1 peruutuksessa etäisyyttä ilmaisevat merkkivalot (esim. punainen-vihreä tai punainen-keltainen-vihreä)
- 2 tila takalaitanostimelle ja sen suoja
- 3 kuormaussilta
- 4 etäisyyssensorit
- 5 törmäyspuskurit
- 6 kohdistusmerkit
- 7 valaisimet
- 8 soittokello ja puhelinnumero
- 9 kohdistusmerkit, esim. merkkiviivat päällysteessä ja/tai tolpat

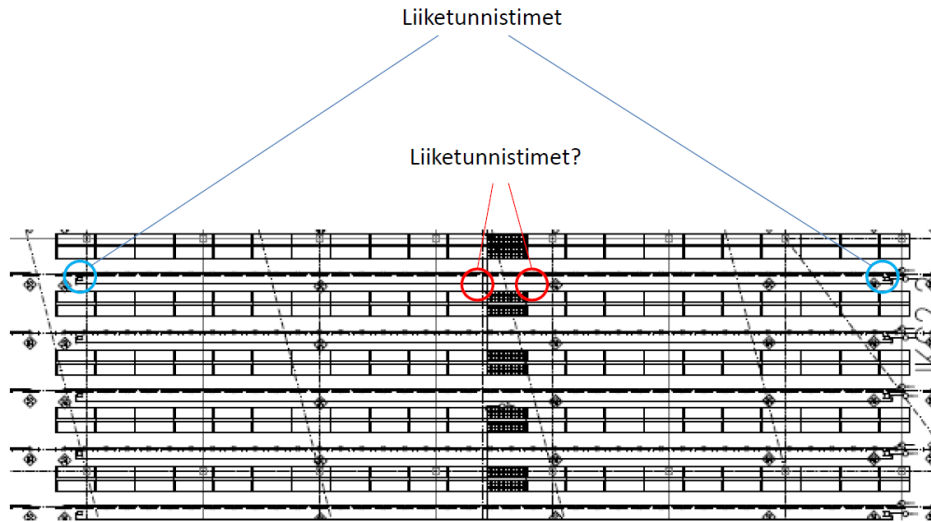
Kuvio 5. Kuormaustilojen ja -laitureiden varusteita (36, s. 7).

Kuormaustilojen valaistuksen ohjaus liitetään rakennusautomaatioväylään. On huomiotava, että taskussa saattaa olla kontti seisomassa yön yli, jolloin siinä ei tarvita valaistusta. Valaistuksen tulee syttyä liiketunnistimen tai etäisyysanturin ohjauksesta, kun rekka on peruuttamassa laituriin, ei kuitenkaan valoisan aikaan. Asennuksessa on huomiotava tunnistuksen toimintasäde, viereinen laituri ja ajoväylä.

Lisäominaisuuksista voidaan harkita liikennevalo-ohjausta, joka osoittaa kuljettajalle lähestymisen edistymistä liikennevaloilla. Tällä ohjauksella voidaan pienentää ylläpito-kustannuksia, koska oletettavasti saadaan pienennettyä kuormaustilan rakenteiden törmäysvaurioita. Kun valaistuksenohjaus on järjestelmässä ja samaan järjestelmään saadaan vietyä varastonohjausjärjestelmästä tieto, mille lastaustaskulle ajoportista tontille saapunut kuorma kuluu, voidaan sytyttää valot halutessa jo etukäteen päälle.

Varastossa on yhteensä 67 kuormalavahylykäytävää, joiden valaistuksen ohjaus toteutetaan liiketunnistimilla. Liiketunnistimet sijaitsevat käytävien päissä. Käytävälle syttyy valot, kun trukki siirtyy sinne. Käytävän keskellä kulkee poikittaisliikenteelle tarkoitettu kulkuväylä, joten tunnistimet valitaan ja suunnataan siten, että käytävän päässä oleva tunnistin havaitsee liikkeen käytävän päästä poikittaisväylään asti. Se ei kuitenkaan reagoi poikittaisväylällä olevaan poikittaisliikenteeseen.

Kuviossa 6 on esitetty kuormalavahyllykäytävä. Lähtökohtaisesti käytävän päihin suunnitellut tunnistimet valitaan ja suunnataan siten, että tunnistusalueen takaraja kulkee punaisien kohtien kohdalla.



Kuvio 6. Kuormalavahyllykäytävä.

Todennäköisesti käytävän päissä olevat tunnistimet voidaan suunnata niin tarkasti, ettei poikittaiskäytävän kohdalle tarvita erillisiä tunnistimia. Yhden käytävän kokonaisenergiankulutus on noin 4 kW.

Taulukossa 4 on valaistuksen tehot alueittain ja arvioitu työskentelyaika uudessa logistiikkavarastossa. Taulukossa on käytetty suunnitelmien mukaisia valaisimia eikä kuormalavahyllykäytävien loisteputkissa ole huomioitu himmennystekniikkaa.

Taulukko 4. Valaisimien energiankulutukset.

Alue	Valaisimien määrä (kpl)	Kokonaisteho per valaisin (W)	Teho yhteensä (kW)	Työaika (h/pv)	Energiankulutus (kWh/pv)
A 1	580	108	63	13	814
A 2	210	108	23	8	181
AV 1.5	750	54	41	8	324
AV2	750	54	41	8	324
AV 2.5	750	54	41	8	324
BP	46	108	5	10	50
VAK	160	150	24	6	144
BS	125	108	14	11	149
BL	172	108	19	14	260
BH	870	108	94	10	940
CS	172	108	19	12	223
CT	225	108	24	10	243
CPT	208	54	11	8	90
CH	1361	108	147	11	1617
CTR	165	108	18	10	178
DM	429	108	46	12	556
DL	214	108	23	19	439
DS	188	108	20	12	244
DH	520	108	56	11	618
YHTEENSÄ			729 kW		7718 kWh/pv

Vuorokaudessa energiaa kulutetaan valaistukseen noin 7700 kWh. Jos käytetään energian ostohintana 90 €/MWh, saadaan yhdelle työpäivälle $90 \text{ €} \times \frac{7700}{1000} = 693 \frac{\text{€}}{\text{d}}$. Vuodessa on 52 viikkoa ja laskennallisesti 5 työpäivää viikossa, jolloin pyhäpäivät on kompensoitu viikonloppuna tehdyillä työpäivillä. Voidaan arvioida vuoden kustannuksiksi noin 180 000 euroa. Virhemarginaali on 10 %, jossa on huomioitu energian hinnan ja tehtyjen ylitöiden muutokset. Tämä on se valaistuksen kuluttama suuntaa antava energiakustannuksen hinta vuodessa, josta oikeanlaisella valaistuksen ohjauksella lähdetään säästämään.

10.4 LED-valaisimien testaus ja tulokset

Itella Logistics Oy ja Finntology Oy käynnistivät toukokuussa 2011 LED-valaisimien testauksen. Testissä LED-valaisimia verrattiin T5-loisteputkiin Itellan nykyisessä varastossa. Testivarastoksi valittiin syksyllä 2010 valmistunut uusi varaston laajennusosa. Varasto on normaali leveäkäytäväinen kuormalavahyllyvarasto. Testiin otettiin kaksi vierekkäistä käytävää. Toiselle käytävälle vaihdettiin uudet T5-loisteputket ja toiselle käytävälle Finntology Oy:n toimittamat FTLightin korkean tilan LED-valaisimet. Käytävävalaisimien ohjaus on toteutettu siten, että valojen syttyminen tapahtuu liiketunnistimilla. Käytävälle syttyy valo, kun trukki siirtyy kyseiselle käytävälle ja valot sammuvat aikaohjauksella. Molemmat valaisimet ovat syvästeilevällä heijastimella varustettuja korkean tilan valaisimia. Verrannollisia mittauksia ovat kulutettu energia, valojen syttymiskerrat ja päälläoloaika. Molemmat vertailukäytävät kytkettiin yhteisohjaukseen, joten syttymiskerrat ja päälläoloajat ovat samat molemmilla käytävillä. Käytännössä oikea vertailuysikkö on W/m²/100 lx, jolla mitataan sitä, kuinka paljon energia kuluu yhden neliömetrin valaisuun 100 luxin valoteholla.

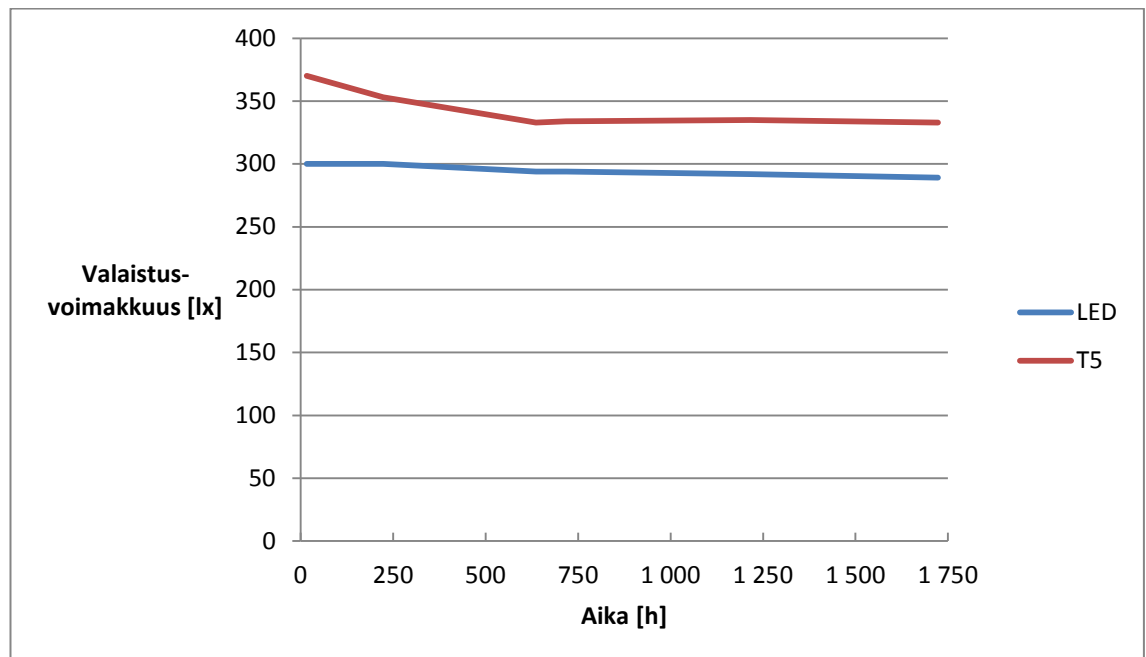
Testi aloitettiin 9.5.2011 ja lopetettiin 21.12.2011. Valaisimina oli hyllyvälissä A 15 LED-valaisinta ja hyllyvälissä B 15 T5-loisteputkivalaisinta. Valaisimien asennuskorkeudet olivat 10,7 m. Kuormalavahyllykäytävän leveys oli 3 m.

Taulukossa 5 on testin tuloksina saadut valaistusvoimakkuudet. Mittauksia suoritettiin noin kerran kuukaudessa.

Taulukko 5. Valaistusvoimakkuuksien mittaustulokset.

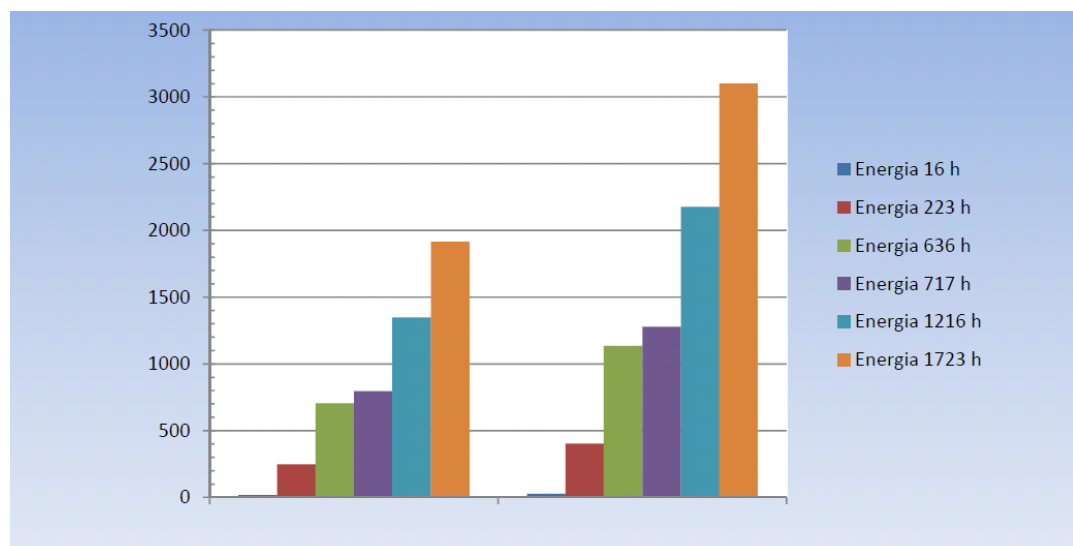
	Hyllypaikka	15.5.2011	10.6.2011	27.7.2011	11.8.2011	14.10.2011	21.12.2011
Hyllyväli A LED	A052	298 lx	298 lx	298 lx	298 lx	297 lx	290 lx
Hyllyväli A LED	A076	300 lx	300 lx	294 lx	294 lx	292 lx	289 lx
Hyllyväli B T5	B052	375 lx	370 lx	350 lx	344 lx	348 lx	334 lx
Hyllyväli B T5	B076	370 lx	353 lx	333 lx	334 lx	335 lx	333 lx

Kuviossa 7 havaitaan selvästi T5-loisteputkille ominainen valaistuksen voimakkuuden heikentyminen eliniän alussa. Tämä tulee huomioida valaisinmäärien mitoituksessa.



Kuvio 7. Valaistusvoimakkuus.

Testijakson aikana LED-valaisin kulutti energiaa keskimäärin 38 % vähemmän kuin T5-loisteputki. Kokonaisenergian kulutus on kuvattu kuviossa 8.



Kuvio 8. Kokonaisenergian kulutus.

Yhteenveto testijakson mittaustuloksista on taulukossa 6. Testissä saatujen syttymiskertojen ja päälläoloaikojen tietoja käytetään uuden logistiikkakeskuksen laskelmissa.

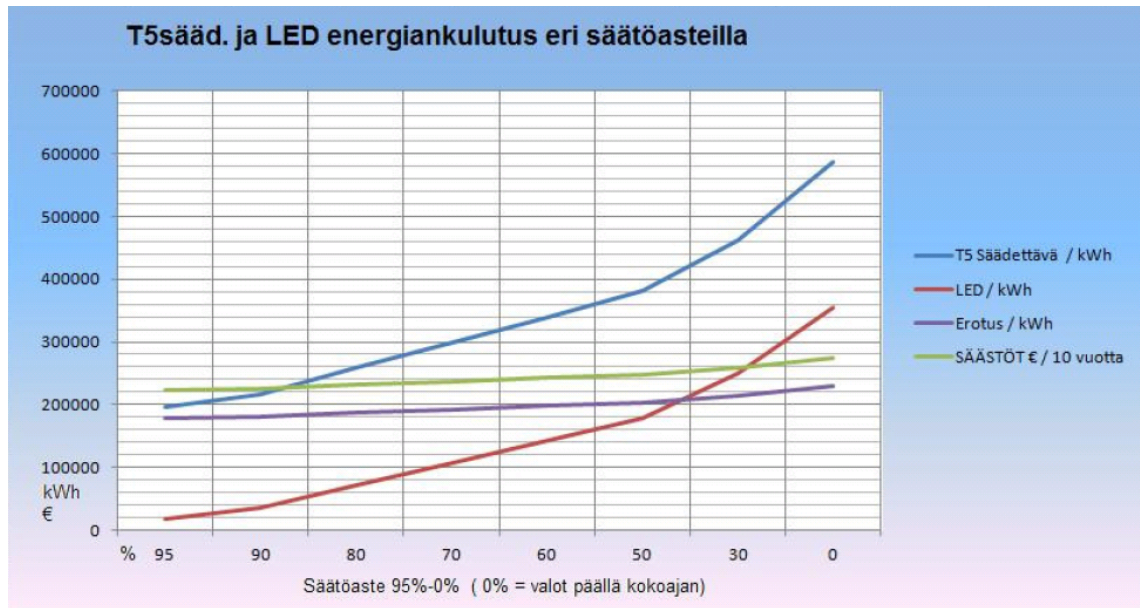
Taulukko 6. Yhteenveto 9.5.2011 – 21.12.2011 testijaksosta.

Mittaustulokset 21.12.2011 Kokonaiskäyttöaika / sytytyskerrat 1723,3 h / 1912 kpl			
	LED	T5	Ero
Valaistustason alenema	3,2 %	10,5 %	
Keskimääräinen teho / valaisin	74,1 W	120,0 W	45,4 W
Mittausjakson energian kulutus	1914,98 kWh	3101,03 kWh	1186,05 kWh
Suhteellinen energiankulutus	62 %	100 %	38 %

Testijakson pituus oli 226 päivää. Tästä saadaan laskettua valojen keskimääräinen päälläoloaika $\frac{1723}{226} = 7,6$ h/pv.

Mittalaitteen tarkkuusluokka on B, eli mittaustulosten virhemarginaali on 1 %. LED-valaisimien energiankulutus on noin 1900 kWh jaettuna 226 päivällä, eli 8,4 kWh/pv. Jaettuna tämä valaisimien määrällä saadaan yhden valaisimen energiankulutukseksi 560 Wh/pv. Vastaavilla laskutoimituksilla T5-valaisimen energian kulutukseksi saadaan noin 900 Wh/pv.

T5-loisteputkien heikkous liiketunnistinohjauksessa on niiden hidas syttyminen. Ratkaisuna on käyttää säädettävää ohjausta. Säädettävässä ohjauksessa valaisinta ei sammuteta kokonaan, vaan jätetään se muutaman prosentin valaistusteholle. Säädettävän T5-valaisimen hankintahinta on kalliimpi kuin on/off-tyyppisellä ohjauksella varustetun T5-valaisimen, ja se vaatii lisäkaapeloinnin. Säädettävän T5-valaisimien energiankulutus on minimitasolla noin 25–35 % täydestä energiankulutuksesta. Kuviossa 9 esitetään LED-valaisimen säästöt verrattuna säädettävään T5-loisteputkivalaisimeen, kun valaisimien kokonaismäärä on tuhat. Kymmenen vuoden elinkaaren aikana LED-valaisimen tuomat säästöt ovat noin 223000–275000 euroa riippuen käytetystä säätöasteesta. Energian hintana laskelmissa on käytetty 0,1 €/kWh. Kustannuksissa on huomioitu T5-loisteputkien vaihdot elinkaaren aikana. Yhden valaisimen vaihtokustannukselle on laskettu 5 euron kustannus per vaihtokerta. (32.)



Kuvio 9. T5- ja LED-valaisimien energiankulutus eri säätöasteilla.

Uuteen logistiikkakeskukseen on suunnitelmien mukaan tulossa 53 erityyppistä valaisinmallia. Taulukossa 7 on viisi eniten energiaa kuluttavaa valaisinmallia, joiden tehot on kerrottu kappalemäärällä ja lajiteltuna kokonaistehon mukaan. Taulukon neljä ensimmäistä valaisinmallia kuluttavat selvästi eniten energiaa. Taulukon sijalla 5 on 400 W:n ulkovalaisin. Vaikka nämä ovat suuritehoisia, on niiden kokonaisenergian kulutus yli puolet vähemmän kuin taulukon sijalla 4 olevien valaisimien.

Taulukko 7. Energiankulutukseltaan merkittävimmät valaisinmallit.

Valaisinmalli	Määrä (kpl)	á teho (W)	Teho yhteensä (kWh)
1	2772	98	272
2	1462	98	143
3	1380	98	135
4	2250	49	110
5	122	400	49

11 Energiankulutuksen seuranta

Suunnitelmien mukaan Itellan uuden varastorakennuksen energiatehokkuusluvaksi saadaan 97 kWh/m²/v. Jos lopullinen ET-lukuarvo eli energiatehokkuusluku on ≤ 110 kWh/m²/v, kuuluu kiinteistö energiatehokkuusluokkaan A (37, s. 6).

Ympäristösertifikaatin saaminen edellyttää ISO 14001-standardin vaatimuksien täyttämistä. Yhtenä kohtana ympäristönäkökohtien tunnistamiseen on energiankulutuksen jatkuva mittaaminen ja säännöllinen seuranta.

Seurantaohjelmistot

Rakennusautomaatiojärjestelmän seurantaohjelmisto kerää määrävälein näytteitä järjestelmän fyysisten tai ohjelmallisten kytkentäpisteiden tilasta ja tallentaa tiedot muistiin. Seurantaohjelmia ovat historiaseurantaohjelma ja trendiseurantaohjelma.

Historianseurantaohjelma toimii kiinteistövalvomon keskusyksikössä. Siihen kerätään järjestelmän fyysisten tai ohjelmallisten pisteiden tietoja. Muistikapasiteetti mitoitetaan niin, että kaikki historiatieto on vähintään viimeisen kuukauden ajalta tallessa. Näytteenottoväliä voidaan vapaasti muuttaa 1 sekunnista 24 tuntiin.

Trendiseurannassa järjestelmä lukee trenditaulukkoon määriteltyjen pisteiden arvot toistuvasti asetelluin aikavälein. Näytteenottoväliä voidaan vapaasti muokata valittavan seurannan luonteen mukaan. Halutusta trendistä riippuen se voi olla esimerkiksi pitkä, keskipitkä tai lyhyt trendi.

Raportointi

Tarvittavat raportit ajetaan kiinteistövalvomon seurantaohjelmistosta. Raportteja ovat vakioraportit ja makrotoiminnoilla toteutettavat raportit.

Vakioraportteja ovat

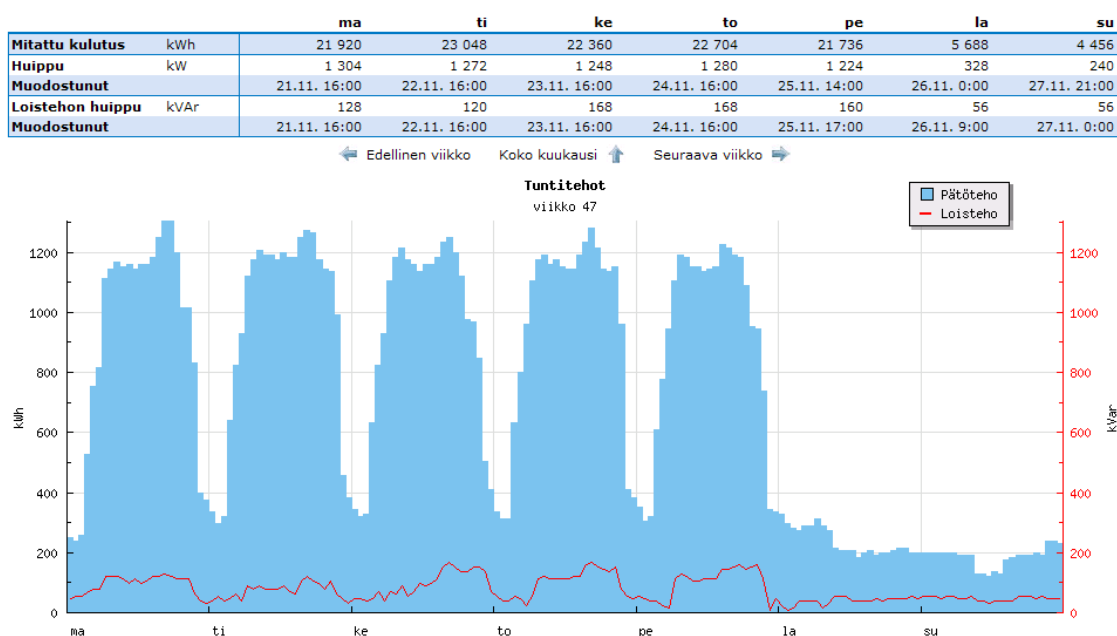
- järjestelmään sisään- ja uloskirjautumiset
- voimassa olevat hälytykset

- tulostuneet hälytykset määrättyltä aikaväliltä
- tehdyt ohjelmointimuutokset määrättyltä aikaväliltä
- kaikkien pisteiden listaus.

Makrotoiminnoilla toteutetaan seuraavat raportit:

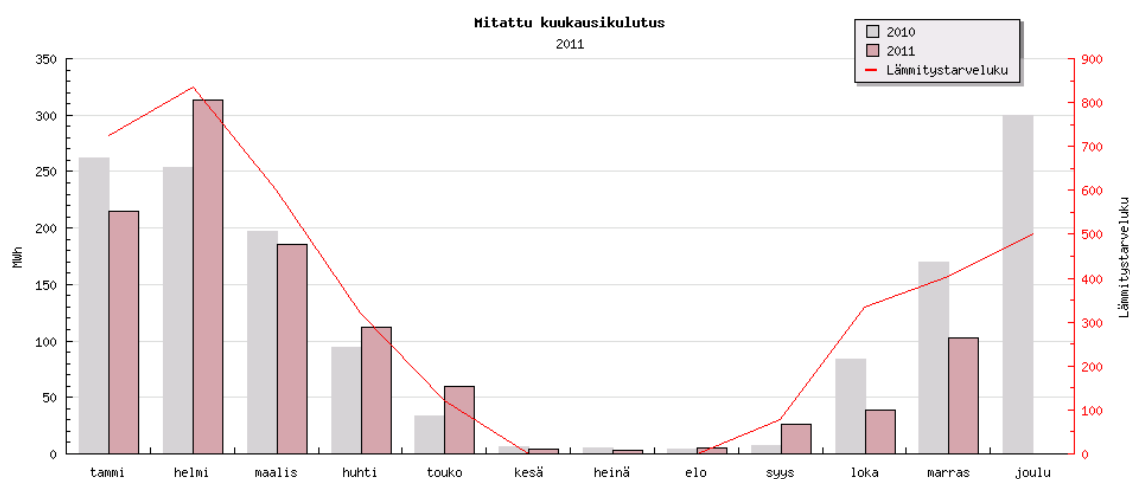
- käyttötuntilaskennat
- mittausten keskiarvolaskennat
- energiamittausten tulostukset viikoittain, kalenterikuukausittain ja kalenterivuosittain
- lämpömäärästä mitattava kulutus ja lämmitystarveluvulla normalisoitu kulutus
- kaukolämpöveden jäähtyminen
- sähkömäärästä mitattava kulutus erikseen päivä- ja yösähköstä
- vesimäärän kulutus, johon liitetään raja-arvo.

Lisäksi sähkö- ja lämpöenergian mittaustulokset voidaan siirtää ulkoiseen järjestelmään, joka on energian käytön internet-pohjainen seurantaohjelma. Kuviossa 10 on erään Itellan varaston sähköenergian kulutuksen graafinen esitys yhden viikon ajalta.



Kuvio 10. Sähköenergian kulutus viikossa.

Seurantaohjelmaan on varaston käyttäjillä pääsy, ja he pystyvät seuraamaan energiankulutuksia. Kulutustiedot saadaan graafiseen näkymään päivätasolta aina vuositasolle asti. Operatiivisella toiminnalla voidaan vaikuttaa niin sähkö- kuin lämmitysenergian kulutukseen, ja näin ollen tarkastelua helpottavat raportit auttavat kehittämään työpaikan kulttuuria oikeaan suuntaan. Kuviossa 11 on erään varaston lämmitysenergian kulutuksen ja lämmitystarveluvun graafinen esitys vuositasolla, jossa näkyy myös vertailu edellisen vuoden kulutustietoihin.



Kuvio 11. Lämmitysenergian kulutus vuodessa.

Kulutustietojen hyödyntäminen

Tavallisten kulutustietojen lisäksi seurantaohjelmistosta voidaan hyödyntää muun muassa LTO:n hyötysuhteita, aikaohjelmia, asetusarvoja, venttiilien asentoja ja lämpötiloja (38).

Varaston mittauspisteiden tarkalla valinnalla voidaan helpommin puuttua tilaan, jossa on poikkeuksellisen suuret kulutukset. Jos kohteessa ei ole laiteteknisiä vikoja, voidaan tarkastella operatiivista toimintaa. Operatiivisella toiminnalla pystytään vaikuttamaan merkittävästi energiankulutukseen. Liiketoiminnan tarpeita voi olla myös saada eroteltua joidenkin prosessilaitteiden kuluttamat lukemat.

Jos seurantaohjelmistosta saadaan indikointi, voidaan reaaliaikaisella tai lähes reaaliaikaisella energiankulutuksen mittauksella nopeasti reagoida mahdollisiin vuoto- tai laitevikoihin.

12 Rakennuttamismalli

Rakennusautomaation lisääntyminen ja eri järjestelmien integrointi uhkaa murtaa perinteisiä rakennuttamismalleja. Jotta talotekniikka saadaan sujuvasti toteutettua suunnitelmien mukaisesti, on syytä antaa koordinaatiovastuu yhdelle osapuolelle. Osapuolen on oltava mukana jo suunnitteluvaiheessa ja sillä tulee olla kokonaisnäkemys hankkeesta. Tällaista osapuolta kutsutaan järjestelmäintegraattoriksi.

Rakennusurakkamalleja on monia, ja niitä myös sovelletaan. Rakennuttamismallit ovat tilaajan tapauskohtaisesti päätettäviä asioita. Yleisimmät ovat kiinteähintainen kokonaisvastuurakentamisurakka tai projektijohtourakka. Projektijohtourakassa suunnittelijoiden hankinta voi kuulua projektijohtourakoitsijalle tai suoraan tilaajalle. Kolmantena yleisenä urakkamuotona on tavoitehintaurakka.

Rakennusautomaatiojärjestelmän hankinta voidaan toteuttaa kolmella eri tavalla: kokonaishintaurakkana, aloitusvaiheeltaan kiinteänä ja myöhemmin toteutettavien laajennusten osalta erillisenä jatkohankintasopimuksena tai pistemassoitteluun perustuvana puitesopimuksena.

Tilaajan kannalta kokonaishintaurakka on helpoin niin kilpailuttamisen kuin toteutuksen kannalta. Tämä urakkamuoto kuitenkin edellyttää yksityiskohtaisia suunnitelmia, ja rakennusautomaation lopullinen laajuus on tarkasti tiedettävä. Urakkamuoto sopii yksittäisten kohteiden rakentamiseen.

Myöhemmin laajennettavissa olevan urakkamallin määritellyt yksikköhinnat ulotetaan myöhemmin tehtäviin laajennuksiin. Aloitus tehdään kuten kiinteähintaisessa urakamallissa. Tarjousten vertailu on suhteellisen hankalaa, ja yksikköhinnoissa tarjoajan on huomioitava yleiset hintatasojen kasvut. Yksikköhintojen soveltaminen muun muassa ohjelmistollisiin osuuksiin on hankalaa.

Ehkä kustannustehokkain ja paras malli rakennusautomaatiourakkaan on tehdä puitesopimus. Menettelyssä urakoitsijalle annetaan tarjouksen tekemistä varten kuva toteutettavan rakennusautomaatiojärjestelmän lopullisesta laajuudesta ja teknisestä tasosta. Laajuustiedot ovat arvioita valvonta-, piste-, alakeskus- ja kenttälaitemääristä, ja taso kuvataan työselityksessä. Puitesopimuksessa valittu urakoitsija veloitetaan toteuttamaan urakka sopimuksessa mainituin taloudellisin ja teknisin ehdoin täyteen toimintakuntoon asennettuna. Tilaajalla ei kuitenkaan ole mitään velvollisuuksia tilata puitesopimuksessa olevia urakoita, järjestelmiä, töitä tai laitteita. Etuina tilaajalle tässä on se, ettei se sitoudu tiettyyn urakoitsijaan tai laitemerkkiin ja hankkeen edetessä tilaaja voi kilpailuttaa erikseen yksittäisiä osioita. (39, s. 42–43.).

Eri taloteknisten järjestelmien rakennuttamismallina voisi olla rakennusautomaation pistemassoitteluun perustuva puitesopimus, jossa rakennusautomaatiourakoitsija toimii myös järjestelmäkoordinaattorina vastaten siitä, että kaikki järjestelmät tulevat testatuina täyteen toimintavalmiuteen asennettuina.

13 Johtopäätökset

Järjestelmäintegraatiolla saavutetaan uusia laadullisia ominaisuuksia, ja eri järjestelmien hallintatarve pienenee, mikä vaikuttaa ylläpito- ja korjauskustannuksiin. Laadullinen ominaisuus voi olla esimerkiksi uuden palvelun mahdollistaminen niin, että vartiointikierrokset suoritetaan etäyhteyden ja kameravalvontajärjestelmän avulla. Investoinneissa saadaan kustannussäästöjä kaapeloinneissa, kytkentäkoteloiden, ilmaisimien, kenttälaitteiden ja keskusyksiköiden hankintamäärissä. Kun laitteita on vähemmän, ei tilantarvekaan ole niin suuri ja säästöjä syntyy rakennettavien neliöiden vähentyessä.

Rahallisten säästöjen lisäksi saadaan varaston käyttäjille turvallisempi, terveellisempi ja miellyttävämpi työympäristö. Järjestelmien integroinnilla varastossa saavutetaan energiatehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä. Voidaankin puhua vihreistä arvoista. Varaston elinkaari, arvo ja kiinnostavuus lisääntyvät. Pöyryn tekemän tutkimuksen mukaan 70 % kiinteistöalan ihmisistä pitää vihreää kiinteistöä helpompana vuokrata, joskaan lisävuokran saaminen on kuitenkin vaikeaa. Ympäristöluokituksen sertifikaateista amerikkalainen LEED ja eurooppalainen Breeam ovat yleisimpiä. (40.)

Yhteenvedona järjestelmien integroinnilla saavutettavista hyödyistä varastorakennuksessa voidaan todeta, että teknisesti ja toiminnallisesti järjestelmiä voidaan integroida ja niistä saadaan hyötyjä. Kaikkia tekniikan mahdollistamia ratkaisuja ei käytännön syistä voida kuitenkaan toteuttaa. Logistiikkavarastossa ei esimerkiksi voi kulunvalvonnan tiedoilla varmuudella todeta, onko kiinteistössä ketään, ja näin ollen IV-koneita tai rikosilmoitinjärjestelmää ei voi ohjata kulunvalvonnan informaatiosta. Tarkastelun kohteena olevan 70000 m² varaston välimatkat toimilaitteiden välillä ovat suuret, joten kustannussäästöjä saadaan, kun voidaan hyödyntää samaa kaapelia. Langattomien toimilaitteiden hyödyntäminen toiminnallisiin riskeihin ja ylläpidon kustannuksiin nähden ei ole kannattavaa. Markkinoilta on saatavilla eri järjestelmien käyttämiin protokoliin kattavasti väylämuuntimia, joilla ne saadaan kommunikoimaan keskenään.

Osana työssä tutkittiin valaisimia sekä verrattiin T5-loisteputkea ja LED-valaisinta. Tutkimuksen tuloksena havaittiin että energiaa säästetään 38 % käytettäessä LED-valaisinta. Oleellisin tekijä valaistuksen energiankulutuksessa on se, miten valaisimia ohjataan. Logistiikkavaraston valaistuksen ohjaus kannattaa toteuttaa sillä periaatteella, että valot ovat päällä siellä missä työskennellään. Tämä toteutetaan liike- tai läsnäolotunnistimilla, joista saatavaa tietoa kannattaa hyödyntää myös rikosilmoitin- ja rakennusautomaatiojärjestelmässä.

Perinteisesti LVI- ja sähkösuunnittelijat suunnittelevat varsin itsenäisesti omia sektoreitaan. Eri taloteknisten järjestelmien integrointi tuo mukanaan monimutkaisuutta suunnitteluun ja toteutukseen. Onnistunut rakennusurakka edellyttää järjestelmäintegraattorina toimivaa tahoa, jolla on kokonaisnäkemys varaston halutusta toiminnallisuudesta. Järjestelmäintegraattorin vastuulla on ohjata taloteknisten järjestelmien tekninen toimivuus ja toteutus hankkeen alusta loppuun.

Järjestelmien integrointi ja hallintamahdollisuus etäyhteyden avulla tuottaa kustannussäästöjä kiinteistön energiankulutuksen seurannan ja hallinnoinnin kautta sekä pienentää ylläpitokustannuksia.

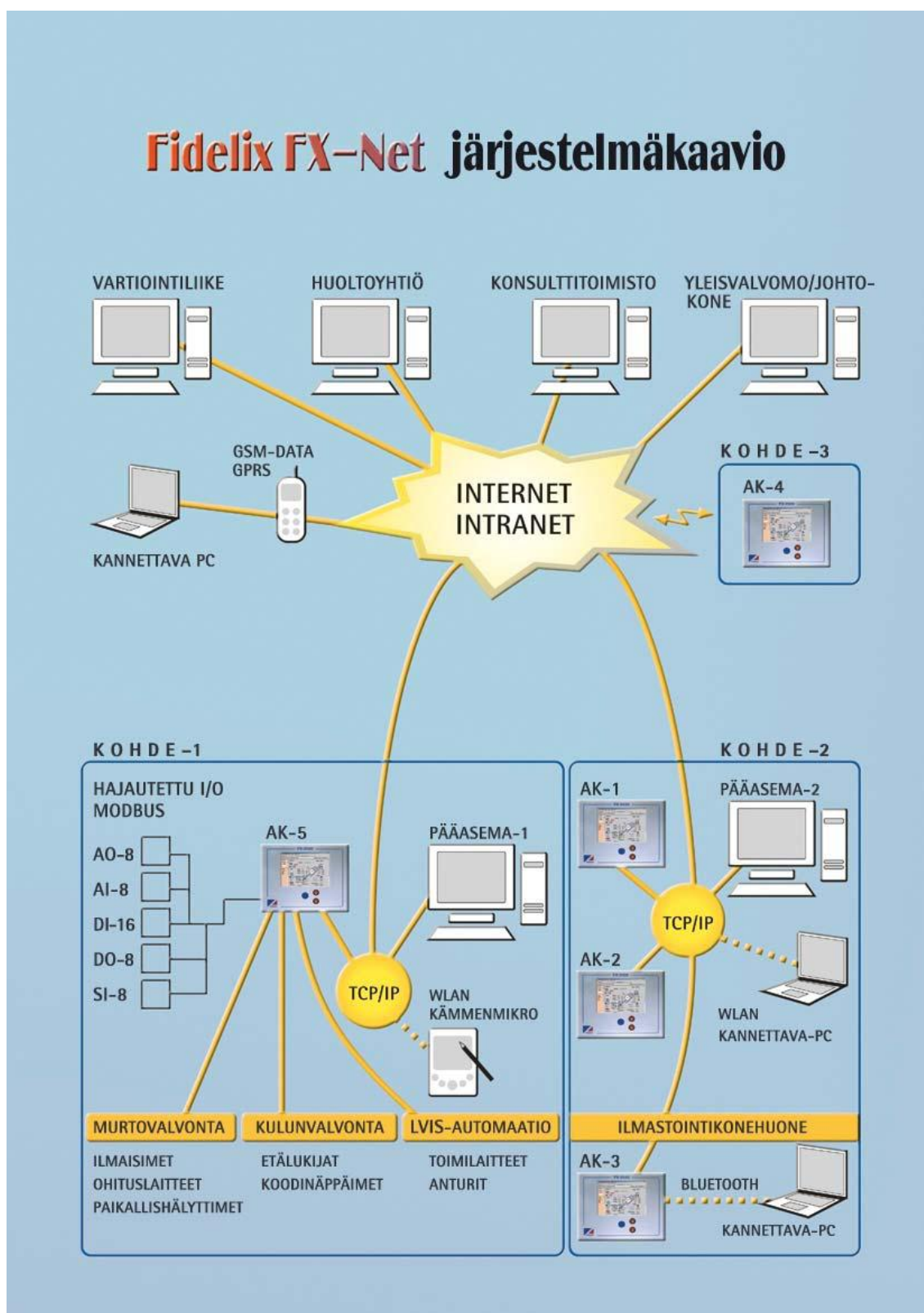
Lähteet

- 1 SFS 6000-1. Pienjänniteasennukset. 2007. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 2 SFS-EN 13698-1. Kuormalavat. 2004. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 3 SFS-EN 13698-2. Kuormalavat. 2009. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 4 SFS 5897. Pakkaukset, mittojen koordinointi, yksikkökuorman korkeus. 2002. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 5 Comité Européen des Assurances (CEA). 2007. Sprinklerilaitteistot Suunnittelu ja asentaminen CEA 4001:2007 – 06 (fi).
- 6 Avoin automaatio ry. Integraatio. Verkkodokumentti.
<<http://www.avoinautomaatio.fi/index.php?k=20002>>. Luettu 27.12.2011.
- 7 Piikkilä & Sahlstén. 2006. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät, ST-käsikirja 21. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 8 AALTO/Automaatio- ja systeemitekniikan laitos. Digitaalisen säädön verkkokurssi. Verkkodokumentti.
<<http://autsys.tkk.fi/pub/control.tkk.fi/Kurssit/Verkkokurssit/AS-74.2112/oppitunti1/johdanto.html>>. Luettu 17.1.2011.
- 9 Piikkilä, Veijo. 2010. Järjestelmäintegraatio (KY0010) Metropolia osa II, Luentomateriaali. Tampereen ammattikorkeakoulu.
- 10 Alikoski ym. 2001. Rakennusautomaatiojärjestelmät, ST-käsikirja 17. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 11 Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2002. 2003. Talotekniikka RYL 2002, osa 2. Hämeenlinna: Rakennustieto Oy.
- 12 Piikkilä, Veijo. 2009. Johdottomien tiedonsiirtoverkkojen hyödyntäminen rakennusautomaatiossa, ST 701.57. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 13 Koskenranta, Tuomas. 1996. Verkkodokumentti.
<<http://www.netlab.tkk.fi/opetus/s38116/1996/esitelmät/39740n/>>. Luettu 7.12.2011.
- 14 LVI-insinööritoimisto Vahvacon Oy. 2011. RAU-työselostus. Itella – Pennala logistiikkakeskus.
- 15 Hakkarainen, Tuula. 2007. Talo- ja turvatekniikka tulipalotilanteessa, VTT tiedotteita 2389. <www.vvt.fi/ind/pdf/tiedotteet/2007/T2383.pdf>. Luettu 27.12.2011.
- 16 Sisäasianministeriön asetus rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta, 805/2005.

- 17 2011 TAPA FSR Scoring Matrix. 2011. Verkkodokumentti.
http://tapaemea.com/download/public_fsr/2011_fsr/2011_TAPA_FSR_Scoring%20Matrix_Final.pdf. Luettu 17.12.2011.
- 18 Jussila, Tuomas. Osastopäällikkö Fidelix Oy. 2008. Turvajärjestelmien integroituminen rakennusautomaatioon. Verkkodokumentti.
<http://www.fidelix.fi/pdf/400_fidelix__turvajarjestelmien_integroituminen_rakennusautomaatioon__2008-02-27.pdf>. Luettu 30.12.2011.
- 19 Tilastotietoa kuljetus- ja logistiikka-alalta. 2009. Verkkodokumentti.
<http://www.skali.fi/files/6039/tilastoesite_2009_net-1.pdf>. Luettu 5.1.2012.
- 20 Crawford Group AB. Energiaa säästävät ratkaisut Crawfordilta, esite.
- 21 SFS-EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. 2003. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 22 Turvatekniikan keskus. TUKES opas. 2003. ATEX räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus.
- 23 RT 10-10973. 2009. Talotekniikan suunnittelun tehtäväluettelo TATE 09. Ohjetiedosto. Rakennustieto Oy.
- 24 Vuorinen, Atso. 2003. Tieto- ja turvallisuusjärjestelmien integrointi, ST 682.10. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 25 Kontio, Matti. 2007. Kiinteistöjen kaukovalvonta ja ilmoitusten siirto, ST 669.10. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 26 ABB TCP/IP-gateway. Verkkodokumentti.
<http://asennustuotteet.fi/catalog/15926/TCP%2FIP-Gateway_FIN1.html>. Luettu 7.1.2012.
- 27 Red Lion protokollamuunnin. Verkkodokumentti.
<<http://www.sarlin.com/?deptid=6381>>. Luettu 7.1.2012.
- 28 Advantech EKI-12xx. Verkkodokumentti.
<http://www.elkome.fi/verkkokauppa/product_info.php?cPath=465_472&products_id=1434>. Luettu 7.1.2012.
- 29 HMS X-gateway Lonworks slave. Verkkodokumentti.
<http://www.elkome.fi/verkkokauppa/product_info.php?cPath=465_468&products_id=1980>. Luettu 7.1.2012.
- 30 MRX 012 protokollamuunnin. Verkkodokumentti.
<http://www.yit.fi/palvelut/yritykset/kiinteistotekniikka/investoinnit_ja_modernisoinnit/computec/LON_tuotteet/MRX_012_LON_protokollamuunnin>. Luettu 7.1.2012.
- 31 Nummenpalo, Mika. Industry Sales Manager, Easy LED OY. 2011. Sähköpostiviesti.

- 32 Mattila, Arto. 2012. Säädetävillä T5-loisteputkilla tai LED-putkilla toteutettujen valaistuksien 10 vuoden elinkaarivertailun käyttökustannuksien osalta. Raportti.
- 33 RT 75-10909. 2007. Lamput. Ohjetiedosto. Rakennustieto Oy.
- 34 Forsman, Sanna. 2009. Valonlähteiden ominaisuudet, ST 58.08. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 35 Tuominen, Aulis. LED. Verkkodokumentti.
<http://www.led1.fi/led_teknologia.html>. Luettu 17.12.2011.
- 36 RT 98-10999. 2010. Kuormaustilat. Ohjetiedosto. Rakennustieto Oy.
- 37 RT YM-21368 ym. 2008. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Ohjetiedosto. Rakennustieto Oy.
- 38 Piikkilä, Veijo. 2010. Luentomateriaali Järjestelmäintegraatio (KY0010) Metropolia osa IV. Tampereen ammattikorkeakoulu.
- 39 Airix talotekniikka Oy:n toimitusjohtaja. 2002. Sähköala-lehti 3/2002.
- 40 Repo, Harri. Pöyry: "Vihreä" kiinteistö on helpompi vuokrata. 2011. Tekniikka & talous-lehtiartikkeli.

Fidelix FX-Netin järjestelmäkaavio



Esimerkki tarvekartoituksesta

INTEGROINNIN TARVEKARTOITUS	Järjestelmä johon liitytään											Tekninen toteutus-tapa	Toteutus-tavasta vastaa
Järjestelmä / tieto tai toiminto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1. Yleiskaapelointi													
2. Lähiverkko													
3. Ovipuhelin	X											Kaape-lointina	
- lukon ohjaus					X							Kosketin	
- ohjaus kutsusta etänä							X	X					
4. Paloilmoitinjärjestelmä													
- vikailmoitus									X				
- ohjaus palotiedosta					X		X		X	(x)	X		
5. Työajanseuranta- ja kulunvalvonta-järjestelmä													
- jännitevikailmoitus									X				
- ohjaus kulusta						X			X				
- ohjaus luvattomasta kulusta						X	X						
- etäkäyttö, puh.järj.info, taloushallin-to		X											
6. Rikosilmoitinjärjestelmä													
- vikailmoitus									X				
- ohjaus hälytyksestä							X	X					
- etäkäyttö		X											
7. Videovalvontajärjestelmä													
- vikailmoitus									X				
- ohjaus videoliikeilm.hälytyksestä						X							
- etäkäyttö		X											
8. Valaistus													
9. Rakennusautomaatio								X					
10. Savunpoistoluukut													
- vikailmoitus									X				
- ohjaus lauennut-tiedosta									X				
11. Sammutusjärjestelmät													
- vikailmoitus									X				
- ohjaus lauennut-tiedosta							X		X				